

Гнідов Ілля Олександрович

Магістерська робота

**Дослідження та обґрунтування вихідних вимог
для створення універсальної конструкції комбайну
для проходки висхідних виробок типу 2КВ
з розширеними технологічними можливостями**

Керівник

к.т.н. Громадський Вік.А.

ВСТУП

Етап підготовки родовища до очисного виймання в умовах підземної розробки рудних покладів передбачає виконання великого обсягу прохідницьких робіт для розділення рудного тіла на окремі ділянки з різними розмірами по висоті, довжині та ширині в залежності від способу видобутку, що використовується. При цьому ведеться проходка як горизонтальних і слабо похилих виробок, так і вертикальних і круто похилих [1-3].

Оскільки гірничі роботи здійснюються, як правило, в міцних породах, для проходки виробок використовуються способи і засоби, що здатні долати значний опір руйнуванню скельного масиву. В основному це буропідбивний та буровий способи [4-6].

Перший з них із застосуванням дрібношпурового відбивання породи є найстарішим і в той же час найбільш вживаним у вітчизняних рудних шахтах. При висоті висхідних виробок 20-40 м і більше шпури бурять і заряджають вибухівкою з тимчасових дерев'яних помостів, які зводяться у забої вручну. Більш глибокі виробки можуть будуватися шляхом секційного підбивання свердловин діаметром 100-150 мм, пробурених в напрямку майбутньої виробки на повну її глибину.

Виробки висотою від одного до декількох поверхів (80-100 м і більше) проходять за допомогою самохідних помостів, що рухаються монорейкою.

Незважаючи на механізацію деяких операцій прохідницького циклу в останньому випадку, буропідбивний спосіб проходки висхідних виробок залишається дуже важким і небезпечним для гірників, відрізняється низькими швидкостями просування забою. На жаль, часто він стає найбільш доступним з економічної точки зору в реальних умовах галузі за відсутності продуктивної техніки або коштів на неї [7,8].

В 60-70-і роки минулого століття з'явився і став широко розповсюджуватися буровий спосіб проходки за допомогою комбайнів шарошкового типу, які бурять виробку на повний перетин. Глибина висхідних виробок при цьому може сягати 600-1000 м. Прохідницьке обладнання при цьому більш складне і вартісне у

порівнянні з устаткуванням для буропідривної проходки, але тривала практика його використання в усьому світі переконливо підтвердила численні переваги такого способу. Він дозволив різко скоротити терміни підготовки блоків і виробок, перейти на нові, більш прогресивні системи розробки, підвищити швидкість проходки та знизити її собівартість. Суттєво покращилися умови праці гірників та її безпека. Прохідники позбавилися роботи в рудниковій атмосфері з пилом і масляним туманом у повітрі та значним шумом пневматичних бурильних машин [9-13].

Разом із тим, будь-яке механічне обладнання постійно знаходиться у стані безперервного удосконалення. Тому питанням дослідження та розробки нових зразків техніки для бурової проходки висхідних виробок приділяється важливе значення. З огляду на це, актуальність теми представленої магістерської роботи, присвяченої дослідженню та обґрунтуванню вихідних вимог для створення універсальної конструкції комбайну для проходки висхідних виробок типу 2КВ з розширеними технологічними можливостями, не викликає жодних сумнівів.

Об'єкт дослідження – технологічний процес бурової проходки висхідних підземних гірничих виробок за допомогою комбайнів шарошкового типу.

Предмет дослідження – прохідницький комбайн типу 2КВ з розширеними технологічними можливостями.

Наукове положення – пропонована конструкція комбайну відрізняється універсальністю своїх технологічних можливостей, а саме: здатністю проходити висхідні виробки широкого діапазону діаметрів (від 0,8 до 3,55 м) і глибини (до 400 м) в породах міцністю до 14-18, тобто забезпечувати практично усі потреби підземного гірничорудного підприємства.

1 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБЛАДНАННЯ

1.1 Існуючі способи і засоби буропідривної проходки висхідних підземних гірничих виробок

Висхідні виробки дуже затребувані в сучасних рудних шахтах, де вони виконують різноманітні технологічні функції. З допомогою них скидають видобуту руду з очисних (видобувних) горизонтів на транспортні, спускають і піднімають обладнання, матеріали, людей, прокладають кабелі, трубопроводи та інші комунікації, забезпечують вентиляцію шахтного поля, здійснюють розвідку корисних копалин тощо.

До буропідривних способів проходки висхідних виробок відносяться наступні [5]:

- дрібношпуровий з тимчасових робочих помостів, які зводяться у виробці у міру просування забою і з яких здійснюється буріння висхідних шпурів за допомогою переносних і телескопних перфораторів з подальшим зарядженням цих шпурів вибухівкою та підриванням. Після цього встановлюється кріплення на пройденій ділянці виробки і прохідницький цикл повторюється. Для руху і захисту прохідників та скидання відбитої породи будуються тимчасові запобіжні помости, а також сходові та породоперепускні відділення. Спосіб відрізняється українською низькою ефективністю, величезною трудомісткістю та небезпечністю робіт, адже практично усі операції прохідницького циклу виконуються вручну. Внаслідок цього він застосовується лише для проходки коротких (до 25-30 м) виробок та дучок;

- з секційним підриванням глибоких свердловинних зарядів. Для буріння свердловин використовуються бурильні верстати типу НКР-100М та його модифікацій, КБУ, ПБУ, Simba та інших. Напрямок буріння може бути як знизу-нагору, так і зверху-вниз. Глибина свердловин (до 40 м) обмежується можливістю їхнього викривлення. Відбивання здійснюється секційним способом – ділянками довжиною 2-4 м. Цей спосіб проходки має більш високий рівень механізації у порівнян-

ні з дрібношпуровим, проте залишається недостатньо продуктивним, технологічно складним, трудомістким та небезпечним;

- з використанням прохідницьких комплексів обладнання типу КПВ і КПН. У даному випадку механізовано операції підйому і спуску людей, обладнання і матеріалів за допомогою двоповерхового самохідного помосту з пневмоприводом, що рухається по монорейці, закріпленій на стінці висхідної виробки, яка поступово нарощується у міру просування забою. Прохідницькі роботи починаються на нижньому горизонті зі створення стартової камери з радіальним заокругленням шляху. Прохідники піднімаються у нижньому поверсі помосту до забою, потім переходять на другий (верхній поверх), з якого під захистом спеціального козирка бурять висхідні шпури за допомогою телескопних перфораторів. Після заряджання шпурів вибухівкою поміст з людьми опускається вниз і ховається за рогом виробки під час підривання зарядів, падіння відбитої гірничої маси та примусового провітрювання тупикового забою стисненим повітрям, яке подається по трубах конструкції монорейки. Далі робітники знову піднімаються нагору і бурять горизонтальні шпури для монтажу чергової секції монорейки. Після її установки поміст піднімається до нової позиції забою і цикл проходки повторюється.

На рис. 1.1 показані принципова схема (а) та загальний вигляд (б) прохідницького комплексу типу КПВ, а в табл. 1.1 приводяться основні технічні характеристики такого обладнання [12].

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики комплексів для проходки висхідних виробок

Показники	Модель		
	КПВ-2	КПВ-4	КПН-4
Кут нахилу виробки відносно горизонту, град.	60-90	60-90	15-60
Поперечний перетин виробки, м ²	2-4	4-6	4-6
Довжина (висота) виробки, м	80	80	120
Швидкість переміщення помосту, м/с	0,2	0,2	0,2
Довжина секції монорейки, мм	750; 1500	750; 1500	750; 1500
Маса, кг	9900	10300	15200

Комплекси КПН використовуються для проходки похилих виробок.

1.2 Технологія і техніка бурової проходки висхідних виробок

У наш час це найбільш прогресивний та широко розповсюджений (принаймні, за кордоном) спосіб проходки вертикальних і круто похилих підземних гірничих виробок. За його допомогою досягнута майже 100% механізація основних і допоміжних операцій процесу проходки. Глибина виробок може сягати 600-1000 м, а діаметр – 4-5 м. Роботи виконуються бурильними комбайнами, до складу яких входять:

- бурильний верстат, який забезпечує значний крутний момент та осьове зусилля, що передаються на буровий постав;
- власне буровий постав у вигляді згвинчених труб, що передає ці енергетичні параметри на буровий інструмент;
- буровий інструмент шарошкового типу на кінці бурового поставу.

Існують декілька основних схем бурової проходки, показаних на рис. 1.2. Робота може вестися шляхом буріння спочатку передової (пілотної) свердловини з подальшим розбурюванням виробки на повний перетин або з одночасним здійсненням обох операцій. Останні робляться як у напрямку зверху-вниз, так і знизу-нагору. Наприклад, дуже популярним є метод проходки, який виконується за схемами, показаними на рис. 1.2а і б. Бурильний верстат встановлюється і закріплюється на спеціально підготовленому майданчику на верхньому горизонті. Спочатку він бурить зверху-вниз пілотну свердловину за допомогою пілотного долота аж до виходу його на нижній горизонт. В процесі проходки свердловини буровий постав поступово нарощується. Внизу долото знімається і на буровий постав навішується розбурювач. Далі проходка здійснюється шляхом розбурювання виробки на повний перетин знизу–нагору з поступовим укороченням бурового поставу комбайну.

Друга доволі розповсюджена схема буріння – проходка висхідних виробок знизу-нагору з одночасною роботою пілотного долота і розбурювача (див. рис. 1.2г).

Серед піонерів проходки висхідних виробок слід відзначити фірми Robbins (США) та Sandvik Tamrock (Фінляндія). Компанії випускають широку номенклатуру установок практично для будь-яких систем розробки, потреб підземних підприємств та умов експлуатації. Технічні характеристики комбайнів модельних рядів цих розробників приведені в табл. 1.2 і 1.3, а на рис. 1.3 показаний зовнішній вигляд деяких з них [12].

На вітчизняному ринку єдиним розробником такої техніки був науково-дослідний та проектно-конструкторський інститут НДПрудмаш (м. Кривий Ріг). Його зусиллями створені модельні ряди комбайнів на базі установок 1KB1 (схема роботи за рис. 1.2г) та 2KB (схема роботи за рис. 1.2а і б) [5,8,10-13].

На рис. 1.4 показані принципова схема (а) та зовнішній вигляд (б) комбайну 1KB1 [13-15]. Установка призначена для проходки висхідних виробок діаметром 1.5 м і висотою до 90 м в породах з коефіцієнтом міцності до $f = 12-16$ за шкалою проф. М.М. Протод'яконова. Комбайн монтується на нижньому горизонті і бурить висхідну виробку знизу-нагору суцільним перетином. Можливий також режим буріння пілоту діаметром 320 мм з подальшим розбурюванням виробки.

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики бурильних комбайнів фірми Sandvik Tamrock (Фінляндія)

Показники	Модель		
	RHINO 400	RHINO 1000	RHINO 2000DC
Діаметр висхідної виробки, м	1,5-1,8	2,4-3,5	3,6
Діаметр пілотної свердловини, м	229-280	280	349
Довжина бурової штанги, м	1,22-1,52	1,52	1,52
Номінальний крутний момент, кН·м	65-90	205	380-500
Тип двигуна	гідравлічний	електричний змінного струму	електричний змінного струму
Потужність двигуна, кВт	110-132	300	400
Маса установки, кг	8000	16000	24100



a



б

Рисунок 1.3 – Загальний вигляд прохідницьких комбайнів 53RH фірми Robbins (США) (*a*) та RHINO 1000 компанії Sandvik Tamrock (Фінляндія) (*б*)

До складу комбайну входять бурильний верстат 1, буровий постав з центрувальним пристроєм 4, робочий інструмент 3 (розбурювач з випереджальним пілотним долотом), платформа з кабіною машиніста, пультом керування та запасом секцій для бурового поставу, блок живлення, жолоб для евакуації бурового дріб'язку. Керування комбайном – дистанційне з кабіни машиніста.

Габарити бурильного верстату та основних складових частин складальних одиниць дозволяють доставляти агрегат в шахту без розбирання при ширині кліті 1500 мм. Усі складальні вузли комбайну змонтовані на колісно-рейкових візках і транспортуються по гірничих виробках електровозом. Компонування установки забезпечує хороший доступ до усіх без виключення механізмів для періодичного огляду та ремонту.

Використання комбайну 1КВ1 гарантує:

- можливість проходки сліпих висхідних виробок (таких, що не мають виходу на інший горизонт або на поверхню);
- концентрацію усіх робіт на нижньому горизонті та авідсутність перешкод для верхнього основного горизонту;
- економію часу за рахунок проходки виробки без додаткового буріння випереджальної свердловини;
- збільшення швидкості проходки у 2-4 рази в порівнянні з прохідницькими комплексами типу КПВ;
- високий ступінь механізації основних технологічних та допоміжних операцій.

Технічна характеристика прохідницького комбайну 2КВ приведена в табл. 1.4 [14].

На рис. 1.5 показані принципова схема (а) та схема розташування робочого обладнання (б) комбайну 2КВ на горизонтах шахти [13-15].

Універсальна конструкція прохідницького комбайну з розширеними технологічними можливостями, дослідженню та обґрунтуванню якої присвячена дана робота, створюється на базі саме моделі 2КВ, тому докладна розмова про неї піде у наступному розділі пояснювальної записки.

Таблиця 1.4 – Технічна характеристика прохідницького комбайну 2КВ

Показники	Значення
Діаметр робочого органу, м	1,5
Висота буріння, м	91
Технічна продуктивність, м ³ /год.	2,3
Напірне зусилля під час буріння пілотної свердловини, кН	0-1200
Напрямок буріння відносно горизонталі, град.	75-90
Витрата повітря, м ³ /хв.	20
Витрата води, л/хв.	40
Габаритні розміри бурильного верстату у робочому положенні, мм:	
довжина	1755
ширина	1800
висота	3900
Маса комплекту поставки, кг	85000

Висновки:

- проходка висхідних підземних гірничих виробок здійснюється двома основними технологічними способами: буропідричним та буровим. Перший з них відрізняється складністю прохідницького циклу, невисокою продуктивністю робіт, надзвичайною трудомісткістю основних і допоміжних операцій, небезпечними та шкідливими для здоров'я умовами праці прохідників. Навіть поява більш-менш механізованих прохідницьких комплексів із самохідними помостами для здійснення основних робіт не змогла суттєво підвищити ефективність та продуктивність проходки висхідних виробок;

- ситуація кардинально змінилася, коли почалася широка експлуатація прохідницьких комбайнів, що працюють за принципом бурової проходки виробок на повний перетин за допомогою робочих органів шарошкового типу. Використання такої техніки дозволило різко скоротити терміни прохідницьких робіт за рахунок суттєвого підвищення швидкості проходки, знизити їхню собівартість, усунути великі обсяги ручної праці, забезпечити нормальні санітарно-гігієнічні умови роботи прохідників;

- багатьма закордонними фірмами, у тому числі піонерами у справі започаткування такого обладнання Robbins (США) та Sandvik Tamrock (Фінляндія), випускається широка номенклатура прохідницьких комбайнів для різних систем розробки, потреб підземних підприємств та умов експлуатації. Помітне місце у цьому списку заслужено займає науково-дослідний та проектно-конструкторський інститут НДПрудмаш (м. Кривий Ріг), зусиллями спеціалістів якого створені модельні ряди комбайнів типу 1КВ та 2КВ. Агрегати характеризуються високим технічним рівнем і забезпечують сучасний рівень показників призначення та надійності.

1.3 Мета і задачі дослідження

Мета роботи – обґрунтування вихідних вимог для створення універсальної конструкції комбайну для проходки висхідних виробок типу 2КВ з розширеними технологічними можливостями.

Здійснений в процесі виконання роботи порівняльний аналіз існуючих технологічних процесів проведення висхідних підземних гірничих виробок та обладнання для їхньої механізації дозволив сформулювати задачі, які потрібно вирішити для досягнення поставленої мети:

- вибрати методи теоретичних та експериментальних досліджень;
- проаналізувати конструктивні особливості вітчизняних прохідницьких комбайнів модельного ряду 2КВ;
- обґрунтувати доцільність розробки універсальної конструкції комбайну з розширеними технологічними можливостями;
- проаналізувати умови експлуатації виробу;
- сформулювати технічні вимоги до пропонованої конструкції комбайну;
- обґрунтувати очікувані значення показників якості установки;
- розрахувати очікувані витрати часу на виконання робочих операцій прохідницького циклу;
- дати загальну оцінку технічного рівня пропонованої конструкції комбайну;

- оцінити економічну рентабельність практичного використання комбайну в умовах вітчизняних підземних рудників;

- сформулювати основні рекомендації щодо організації процесу експлуатації пропонованої конструкції комбайну.

Об'єкт дослідження – технологічний процес бурової проходки висхідних підземних гірничих виробок.

Предмет дослідження – комбайн для бурової проходки висхідних виробок з розширеними технологічними можливостями.

Наукове положення – пропонована конструкція комбайну відрізняється універсальністю своїх технологічних можливостей, а саме: здатністю проходити висхідні виробки широкого діапазону діаметрів (від 0,8 до 3,55 м) і глибини (до 400 м) в породах міцністю до 14-18, тобто забезпечувати практично усі потреби підземного гірничорудного підприємства.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Процес розробки та серійного виробництва виробів машинобудування, у тому числі гірничої та гірничозбагачувальної техніки, обов'язково містить етап науково-дослідних робіт, під час яких проводиться аналіз сучасного стану розвитку даної галузі, намічаються шляхи удосконалення існуючих зразків механічного обладнання, відбуваються пошуки раціональних принципів дії машин, можливого підвищення їхніх робочих характеристик, створення нових конструктивних схем з використанням останніх досягнень науки і техніки тощо.

По своїй суті це прикладні дослідження, спрямовані на використання нових теоретичних знань для подальшого розвитку засобів виробництва. Але вони, як і будь-які інші здійснюються з використанням універсальних методів наукових досліджень: теоретичних, експериментальних, комбінованих.

Наприклад, до теоретичних відносяться такі загальновідомі методи, як аналіз і синтез, індукція і дедукція, моделювання тощо.

В представлений роботі широко застосовані аналітичний та синтетичний методи наукового дослідження. За допомогою першого з них розглянуто існуючі способи і засоби проходки висхідних гірничих виробок, проаналізовано конструктивні особливості вітчизняних прохідницьких комбайнів типу 2КВ, зроблено порівняльний аналіз експлуатаційної ефективності пропонованої конструкції комбайну та традиційного буропідривного способу проходки.

Синтетичний метод використовувався для розробки технічних вимог до комбайну універсального типу, обґрунтування значень показників якості та загальної оцінки технічного рівня майбутньої машини тощо.

З ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ВИМОГ ДЛЯ СТВОРЕННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ПРОХІДНИЦЬКОГО КОМБАЙНУ ТИПУ 2КВ З РОЗШИРЕНИМИ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ

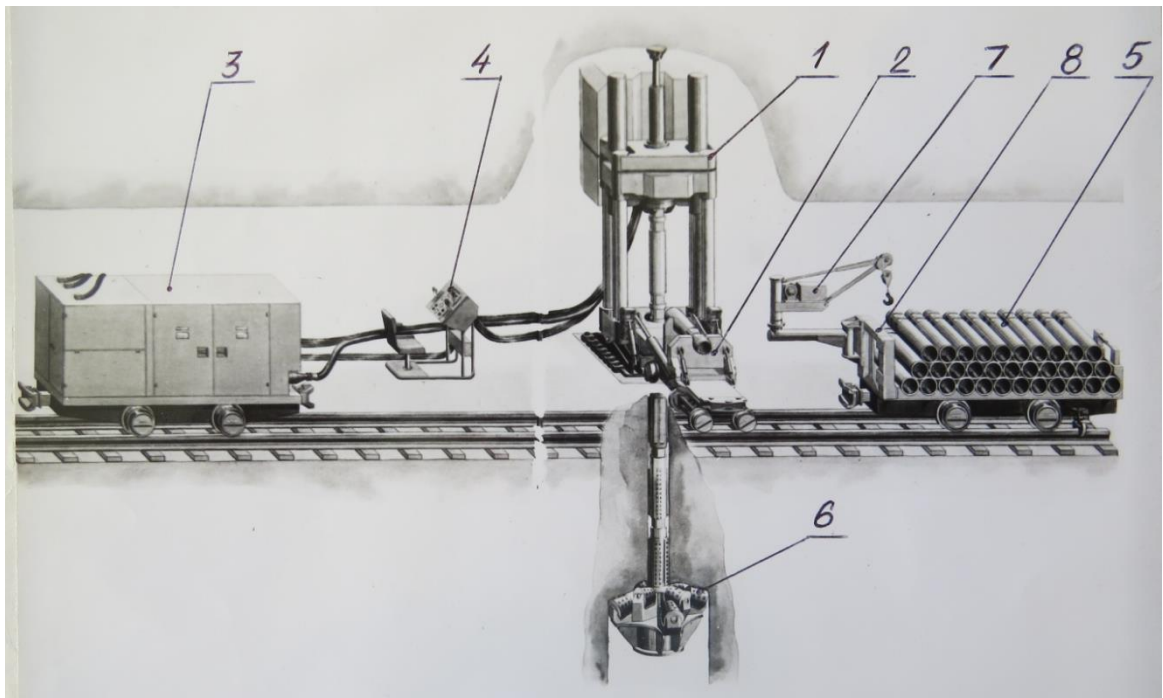
3.1 Аналіз конструктивних особливостей комбайнів модельного ряду 2КВ

Першою базовою конструкцією сімейства стала установка 2КВ. Агрегат призначався для проведення висхідних виробок з номінальним діаметром 1,5 м і висотою до 100 м в породах з коефіцієнтом міцності до $f = 12$ за шкалою проф. М.М. Протод'яконова в шахтах, безпечних у відношенні газу і пилу, на підприємствах гірничорудної та нерудної промисловості [16].

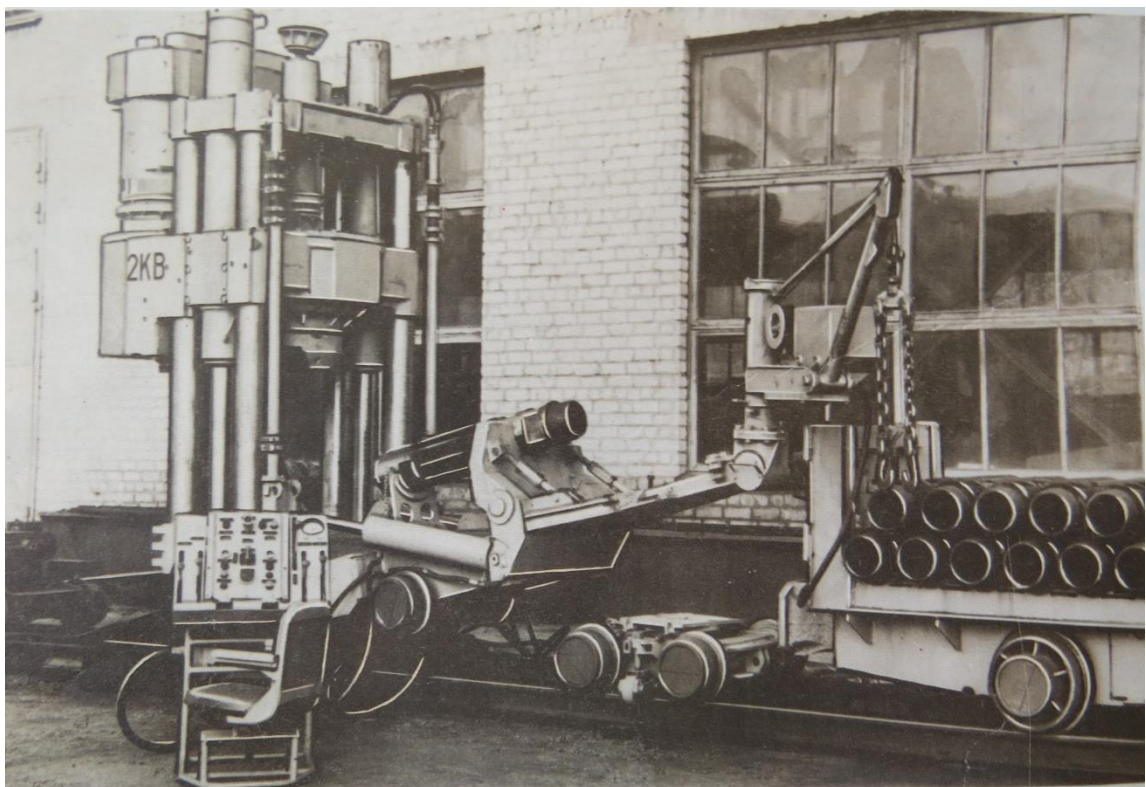
Як вже говорилося вище, комбайн 2КВ був створений для роботи за схемою проходки висхідних виробок, приведеної на рис. 1.2а і б, а саме: шляхом буріння пілотної свердловини зверху-вниз до виходу пілотного долота у виробку на нижньому горизонті та подальшого розбурювання виробки знизу-нагору на повний її перетин під час зворотного ходу бурового поставу.

Комбайн 2КВ (рис. 3.1) складається з бурильного верстату 1 з маніпулятором 2, блоку живлення 3, дистанційного пульта керування 4, бурового поставу 5, розбурювача 6, підйомника 7, платформ 8 для транспортування та зберігання бурових штанг. Крім того, до складу комбайну входять електричні, гідравлічні та повітряні комунікації для підключення до шахтних мереж і сполучення складальних частин комбайну, а також комплект інструменту та приладдя.

Свого часу комбайн не поступався основними показниками призначення кращим зразкам подібної закордонної техніки. Більше того, у порівнянні, наприклад, з машиною 61R фірми Robbins (США) він мав меншу питому енергоємність процесу руйнування породи, менші габаритні розміри та більш високий ступінь механізації операцій монтажу і демонтажу усього комбайну та складання-розбирання його бурового поставу. Установка мала систему плавного регулювання частоти обертання робочого інструменту, що робило її добре пристосованою до змінних умов експлуатації, у тому числі міцності порід, що бурилися ним.



а



б

Рисунок 3.1 – Комбайн для проходки висхідних виробок 2KB:

а – схема вузлів установки (1 – бурильний верстат; 2 – маніпулятор; 3 – блок живлення; 4 – дистанційний пульт керування; 5 – буровий постав; 6 – розбурювач; 7 – підйомник; 8 – платформи для транспортування та зберігання бурових штанг);

б – зовнішній вигляд комбайну

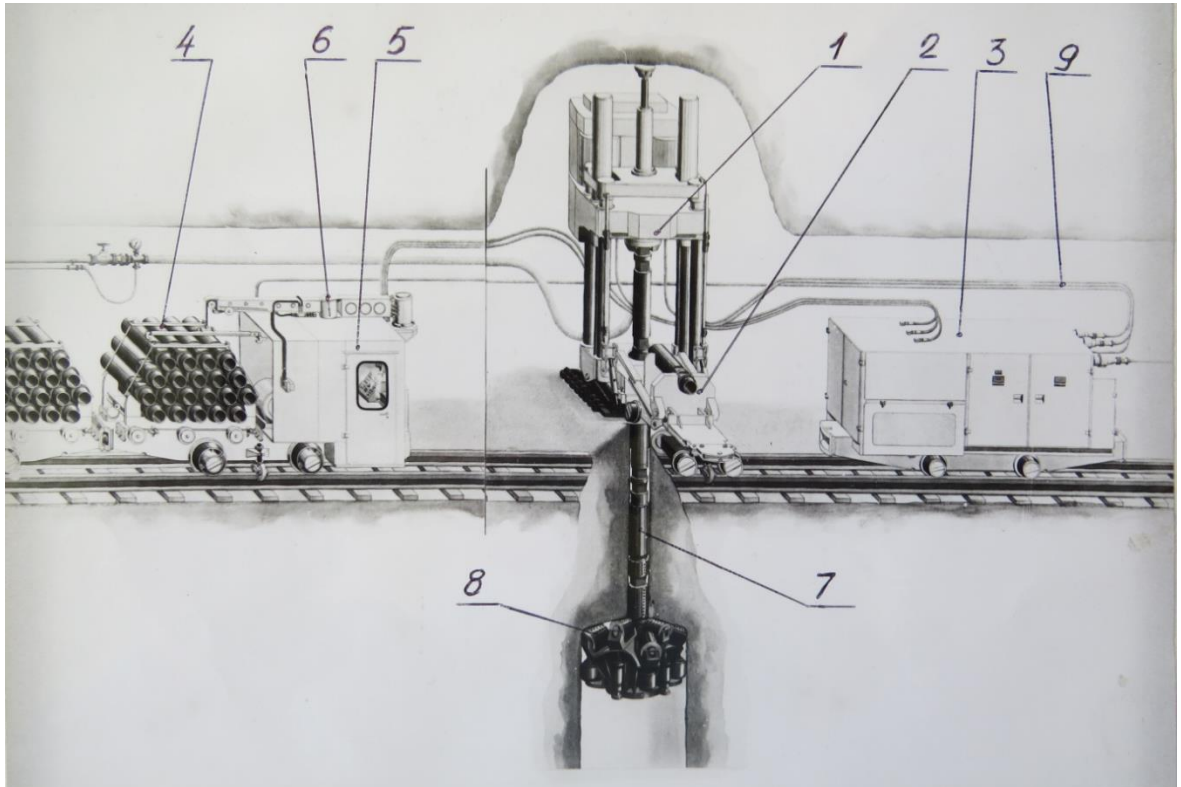
В конструкції комбайну були використані численні новітні на той час технічні рішення, які дозволили створити оригінальні і компактні конструкції двопотокового обертача підвищеної надійності, багатоцільового маніпулятора для механізації усіх монтажно-демонтажних операцій, розбурювача з від'єднувальним валом, коаксіального розпірного пристрою для кріплення агрегату у виробці тощо. Усього було випущено декілька десятків таких установок, які успішно працювали на багатьох підземних рудовидобувних підприємствах чорної та кольорової металургії. Максимально досягнута місячна продуктивність комбайну склала 154 м виробки. Змінна продуктивність в залежності від міцності порід коливалася у наступних межах: під час буріння пілотної свердловини – від 8 до 15 м, під час розбурювання виробки на повний перетин – від 3,5 до 12 м.

На заміну конструкції 2КВ прийшла модернізована установка 2КВ-А (або 2КВ-1500), призначена для проходки висхідних гірничих виробок з номінальним діаметром 1,5 м (з можливістю використання розбурювачів діаметром 1,25; 1,5 та 1,8 м) і висотою до 160 м в породах з коефіцієнтом міцності до $f = 14$ за шкалою проф. М.М. Протод'яконова в шахтах, безпечних у відношенні газу і пилу. Технологічна схема проходки комбайну аналогічна попередній.

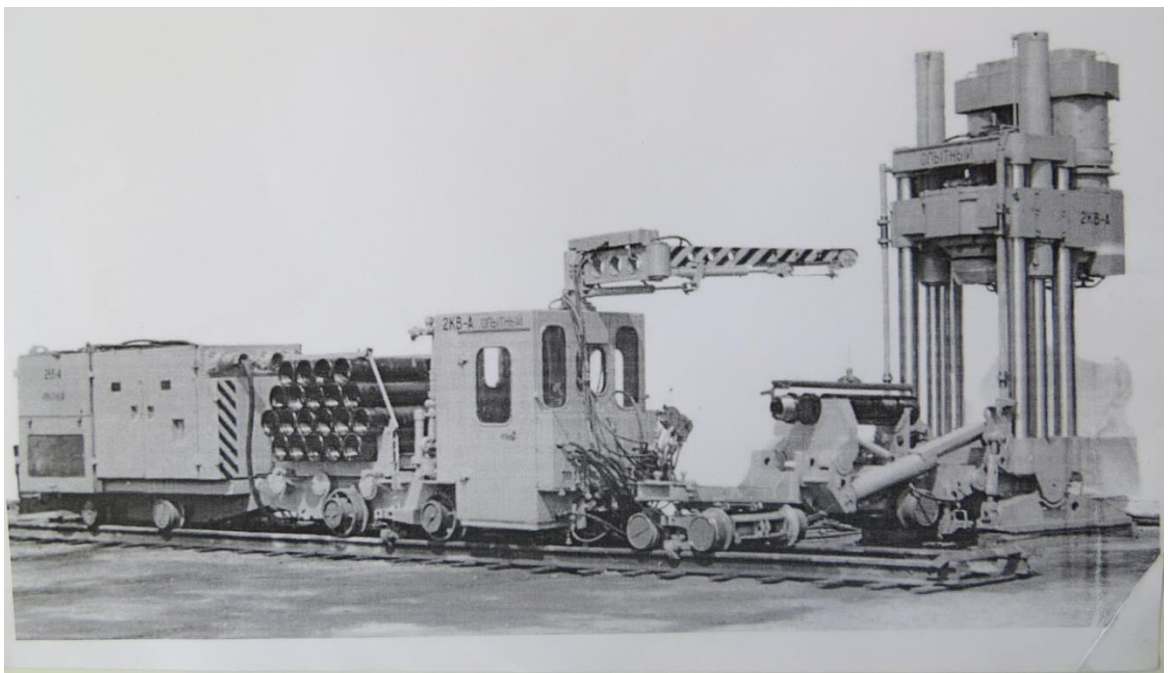
Комбайн 2КВ-А (рис. 3.2) складається з бурильного верстату 1, маніпулятора 2, блоку живлення 3, комплекту бурових штанг 4, платформи з кабіною керування 5, маніпулятора-подавальника штанг 6, перехідників 7, розбурювача 8 та комунікацій 9. Крім того, він комплектується вагоном для доставки штанг, насосною установкою для буріння пілотної свердловини з промиванням її водою, пристроєм для транспортування розбурювачів, комплектом запасних частин, інструменту та приладдя.

Підвищення техніко-економічних показників та покращення експлуатаційних якостей комбайну 2КВ-А у порівнянні з машиною 2КВ було досягнуто за рахунок:

- комплектації комбайну розбурювачами діаметром 1,25; 1,5 та 1,8 м, тобто розширенням таким чином діапазону діаметрів висхідних виробок, що проходяться, як у бік зменшення (відрізні, водозливні, вентиляційні та інші виробки з



а



б

Рисунок 3.2 – Комбайн для проходки висхідних виробок 2KB-A (2KB-1500):
а – схема вузлів установки (1 – бурильний верстат; 2 – маніпулятор;
 3 – блок живлення; 4 – комплект бурових штанг; 5 – платформа з кабіною керування; 6 – маніпулятор-подавальник штанг; 7 – перехідники; 8 – розбурювач;
 9 – комунікації); *б* – зовнішній вигляд комбайну

малою пропускнуою здатністю), так і в бік зростання (ходові, рудозвальні та матеріальні виробки);

- збільшення висоти висхідних виробок до 160 м, тобто забезпечення можливості проходки на два поверхи або висоти поверхів;

- збільшення об'ємної швидкості проходки виробок за рахунок збереження лінійної швидкості розбурювання діаметром 1,5 м шляхом зростання осьового навантаження на розбурювач та використання шарошок на ньому, озброєних згідно з міцність порід, що руйнуються;

- підвищення ступеню механізації робіт з подачі бурових штанг за рахунок використання їхнього конвеєрного транспортування та гідрофікованого маніпулятора з трьома ступенями свободи, який одночасно виконував функцію пристрою для подачі бурових штанг;

- усунення витрат часу на спуск і демонтаж розбурювача за рахунок застосування пристрою для його вилучення на верхньому горизонті;

- підвищення стійкості різьбових з'єднань штанг і шпинделю, а також підвищення стійкості штанг у цілому за рахунок скорочення спуско-підйомних операцій під час проходки виробки у два рази та використання спеціальної однозахідної конічної різьби з посиленням профілем;

- збільшення коефіцієнту міцності порід, що руйнуються, до $f = 14-16$ за шкалою проф. М.М. Протод'яконова шляхом удосконалення шарошкового інструменту та оптимізації осьового навантаження на нього, а також частоти його обертання;

- забезпечення можливості буріння пілотної свердловини глибиною до 230 м за рахунок застосування її водяного промивання;

- підвищення ступеню механізації робіт з монтажу розбурювача на нижньому горизонті шляхом використання спеціальної транспортної платформи з вантажопідйомним пристроєм та транспортними пристосуваннями;

- покращання санітарно-гігієнічних умов роботи прохідників шляхом розміщення пульта керування комбайном у звукоізовованій кабіні.

Таким чином, комбайн 2КВ-А забезпечував краще виконання вимог гірни-

чої технології за рахунок можливості проходки виробок різного діаметру та більшої висоти.

Наступною моделлю сімейства комбайнів типу 2КВ стала установка 2КВ-3000, призначена для проходки висхідних виробок з номінальним діаметром 3,0 м і висотою до 400 м по породах з коефіцієнтом міцності до $f = 14$ за шкалою проф. М.М. Протод'яконова на підприємствах гірничорудної промисловості в шахтах, безпечних у відношенні газу і пилу. Комбайн був розрахований на буріння висхідних виробок великого діаметру та різного призначення (вентиляційних, рудозвальних, ліфтових), а також сліпих стовбурів та вентиляційних стовбурів з поверхні. Ряд діаметрів виробок, доступних для проходки комбайном: 2,24; 2,65; 3,0 та 3,65 м.

До складу комбайну 2КВ-3000 (рис. 3.3) входили бурильний агрегат 1, блок живлення 2, маслостанція з кабіною керування 3, розбурювач 4 з розпірним пристроєм 5, маніпулятор бурильного агрегату 6, комплект бурових штанг 7, платформа для доставки штанг 8 та маніпулятор для подачі штанг 9. Усе основне обладнання було змонтовано на колісно-рейковому ході і перевозилося по шахті за допомогою електровоза.

У порівнянні з аналогом (машиною 85R фірми Robbins) бурильний агрегат установки мав суттєво менші габарити і міг транспортуватися по гірничим виробкам та в шахтних клітках без розбирання. Його маса була при цьому на 27% менше, ніж в аналога, а буровий постав довжиною 400 м важив на 60 тонн менше. Питома енергоємність процесу руйнування породи була нижче на 25%.

Усі ці переваги забезпечувалися за рахунок винесення останнього ступеня обертача до розбурювача та використання бурового поставу з підвищеною частотою обертання з відносно невеликим обертальним моментом, а також застосування в якості приводу обертача двигунів постійного струму із живленням від статичного перетворювача напруги.

Технічні характеристики ряду комбайнів типу 2КВ приведені в табл. 3.1.

Описане обладнання постачено робочим інструментом, а крутний момент та осьове зусилля на нього передається через буровий постав (рис. 3.4).

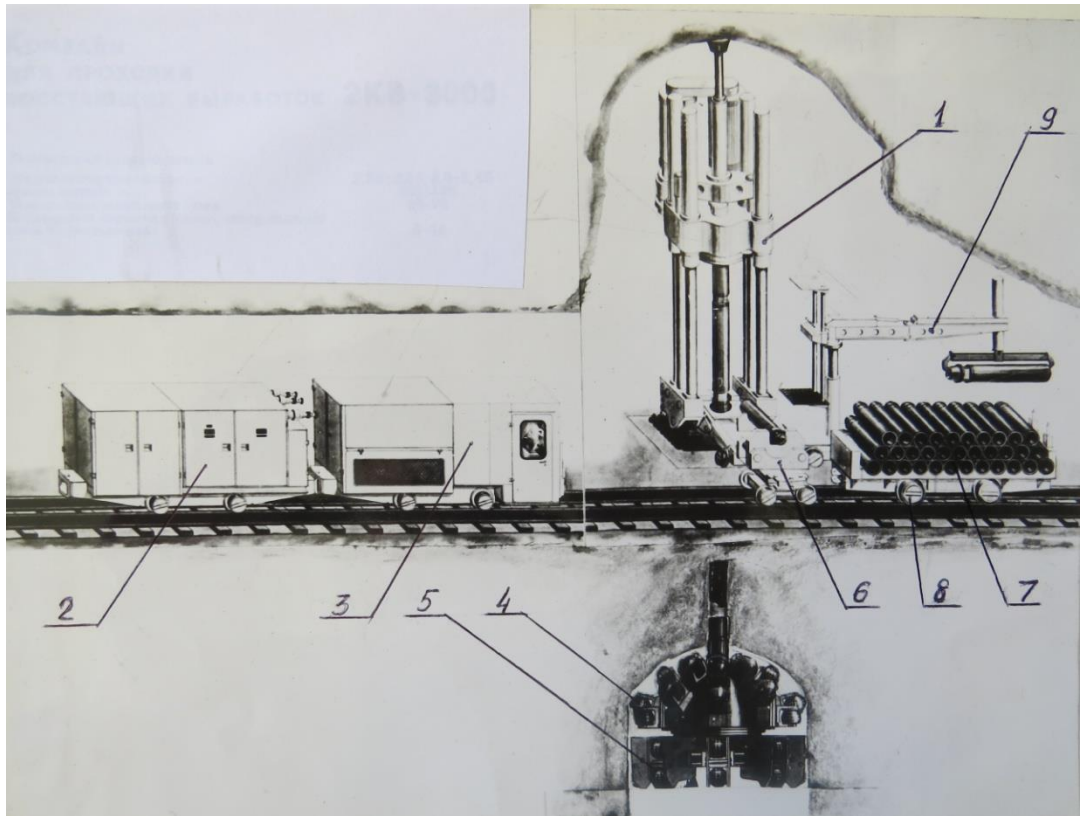


Рисунок 3.3 – Комбайн для проходки висхідних виробок 2KB-3000:
 1 – бурильний верстат; 2 – блок живлення; 3 – маслостанція з кабіною керування;
 4 – розбурювач; 5 – розпірний пристрій; 6 – маніпулятор; 7 – комплект бурових
 штанг; 8 – платформа для доставки штанг; 9 – маніпулятор для подачі штанг



Рисунок 3.4 – Буровий постав прохідницького комбайну у висхідній виробці

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики прохідницьких комбайнів типу 2КВ

Показники	Модель		
	2КВ	2КВ-А (2КВ-1500)	2КВ-3000
Номінальний діаметр висхідної виробки, м	1,5	1,5	3,0
Ряд діаметрів розбурювачів, що використовуються на комбайнах, м	1,5 (1,8)	1,25; 1,5; 1,8	2,24; 2,65; 3,0; 3,65
Висота буріння, м, до	100	160	200; 400
Кут нахилу висхідних виробок відносно горизонталі, град.	60-90	60-105	60-105
Коефіцієнт міцності порід, що руйнуються	3-12	3-14	4-14
Абразивність порід, мг, до	35	35	35
Продуктивність технічна під час розбурювання по породах $f = 8-12$, $\text{м}^3/\text{год.}$ (м/год.)	2,28 (1,3)	2,8 (1,6)	4,0 (0,56)
Діаметр пілотної свердловини, мм	270	270	320
Встановлена потужність двигунів, кВт	132,75	140	300
Потужність приводу робочого органу, кВт	110	110	220
Питома витрата енергії на руйнування під час розбурювання по породах $f = 8-12$, $\text{кВт} \cdot \text{год.м}^3$, не більше	58	50	75
Частота обертання бурового інструменту, хв.^{-1} :			
під час буріння	0-60	0-60	0-48
під час розбурювання	0-20,5	0-20,5	0-18,7
Осьове навантаження на буровий інструмент (розбурювач), кН	1000	1500	3800
Габаритні розміри бурильного агрегату у робочому положенні, мм:			
довжина	1540	1540	1680
ширина	1460	1460	1460
висота	3950	4000	6300
Маса бурильного агрегату комбайну, кг	10000	10000	16000
Маса усього комбайну, кг	56800	77000*	250000*
Маса комбайну у комплекті поставки, кг, не більше	60000	90000*	280000**

Продовження таблиці 3.1			
Середній термін служби до капітального ремонту, міс.	30	30	30
Рівень звуку на робочому місці машиніста, дБА, не більше	85	85	85
Концентрація пилу на робочому місці, мг/м ³ , не більше	2	2	2

* – при висоті буріння 160 м

** – маса, встановлена ТЗ для висоти буріння 400 м

В якості робочого інструмента використовуються шарошкові долота та розбурювачі, озброєні шарошками. Інститутом НДППрудмаш створений уніфікований ряд шарошок для прохідницьких комбайнів, включаючи і сімейство агрегатів 2КВ. До цього ряду входять шарошки Ш-8, Ш-12 та Ш-16, призначені для буріння порід міцністю відповідно 4-8, 8-12 та 12-16 одиниць за шкалою проф. М.М. Протод'яконова. В табл. 3.2 приведені основні технічні характеристики цих шарошок, а на рис. 3.5 – загальний вигляд виробів.

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики шарошок типу Ш

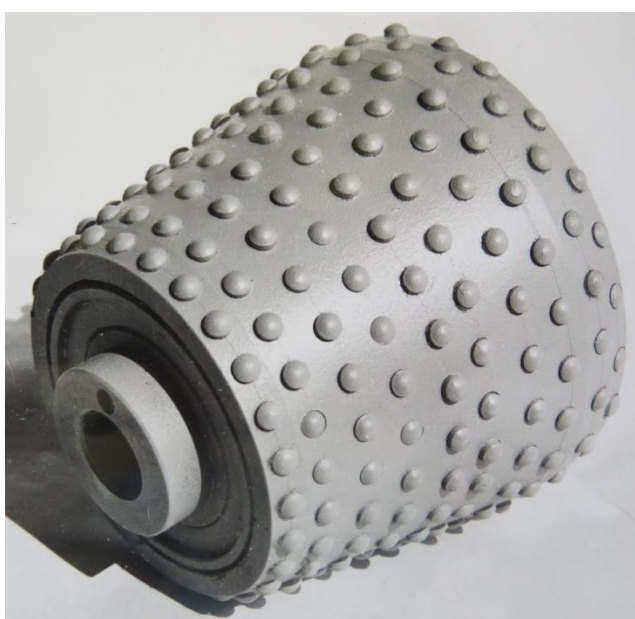
Показники	Модель		
	Ш-8	Ш-12	Ш-16
Об'єм породи, що вибурюється, м ³	110	60	23,5
Коефіцієнт міцності порід, що руйнуються	4-8	8-12	12-16
Частота обертання, с ⁻¹	1,5	1,5	1,5
Навантаження, кН	442	442	442
Габаритні розміри, мм:			
діаметр	310	310	310
довжина	323	323	323
Маса, кг	95	98	106
Питома витрата шарошок, шт./м ³	0,0091	0,0167	0,0426
Питома матеріалоємність, кг/м ³	0,865	1,64	4,52
Питома трудомісткість виготовлення, нормо·год./м ³	0,536	1,01	2,52



a



б



в

Рисунок 3.5 – Загальний вигляд шарошок Ш-8 (*a*), Ш-12 (*б*) та Ш-16 (*в*)

3.2 Обґрунтування доцільності розробки

Виконаний вище аналіз конструкцій вітчизняних прохідницьких комбайнів типу 2КВ показав, що для проходки висхідних виробок найбільш розповсюдженим у світовій гірничій промисловості способом (див. схему проходки на рис. 1.2а і б) існують декілька типорозмірів установок, які розраховані на будівництво виробок різного діаметру та глибини. Але на кожному підземному підприємстві для видобутку руди (наприклад, залізної) потрібно проходити чимало висхідних виробок різного призначення та розмірів. Природно, що для цього потрібно мати у своєму розпорядженні декілька працездатних прохідницьких установок різних типорозмірів (як мінімум двох). З огляду на складність конструкції такого обладнання, а також на його значну металоємність та вартість, це економічно невигідно. З одного боку це потребуватиме значних капітальних витрат, з іншого – комбайни не будуть достатньо завантажені роботою (значну частку робочого часу вони простоюватимуть).

Подібні обставини диктують необхідність створення єдиного комбайну для проходки висхідних виробок з будь-якими геометричними параметрами (діаметром і глибиною), що потрібні на підземному рудовидобувному підприємстві. Така установка повинна виконувати свою функцію як в підземних умовах, так і з поверхні способом буріння пілотної свердловини зверху-вниз та розбурювання її до повного перетину за один прохід знизу-нагору. При цьому установка має механізувати усі операції цього процесу, одного з найбільш трудомістких та небезпечних серед усіх гірничопрохідницьких робіт.

Для досягнення очікуваної універсальності під час експлуатації новий комбайн (назвемо його 2КВР-3000) розраховується на проведення виробок з номінальним діаметром 3,15 м (а також діаметрами 0,8; 1,25; 1,5; 1,8; 2,24; 2,5 і 3,55 м) і висотою до 400 м по породах з коефіцієнтом міцності до 14 з прошарками до 15% породи з коефіцієнтом міцності до 18 за шкалою проф. М.М. Протод'яконова на рудниках чорної та кольорової металургії і нерудних матеріалів в шахтах, безпечних у відношенні газу і пилу.

Таким чином, основною перевагою комбайну 2КВР-3000, що визначатиме ефективність установки у порівнянні з її попередниками, буде можливість використання машини для проходки висхідних виробок розширеного діапазону діаметрів (від 0,8 до 3,55 м), що забезпечуватиме повне завантаження цього прохідницького обладнання на гірничому підприємстві та зменшення капітальних витрат на придбання декількох комбайнів.

Крім того, комбайн забезпечуватиме більш високий рівень механізації основних та допоміжних операцій процесу проходки, а саме: установки бурильного агрегату в робоче положення, монтажу розбурювача та уведення його в роботу, вилучення розбурювача на верхньому горизонті.

3.3 Розробка технічних вимог до пропонованої конструкції комбайну

3.3.1 Умови експлуатації виробу

Комбайн 2КВР-3000 повинен працювати у монолітних і тріщинуватих, сухих і обводнених, однорідних та шаруватих, змінних за міцністю абразивних породах з коефіцієнтом міцності до 14 за шкалою проф. М.М. Протод'яконова в шахтах, безпечних у відношенні газу і пилу. Також має бути забезпечена можливість буріння висхідних виробок по породах з коефіцієнтом міцності до 18-20. Економічна або інша доцільність буріння таких порід визначатиметься споживачем у кожному конкретному випадку.

Комбайн працюватиме при температурі навколишнього повітря від +2 до +35° С та відносній його вологості до 97±3% при температурі +35° С.

Висота над рівнем моря – не більше 1600 м.

Запиленість навколишнього середовища – до 250 мг/м³.

Така конструкція знайде широке поле для використання в умовах підземної розробки корисних копалин для проходки вентиляційних, господарських, рудозвільних висхідних виробок різного діаметру, а також зможе застосовуватися під час будівництва стовбурів шахт, ліфтових висхідних виробок та вентиляційних стовбурів (як сліпих, так і з поверхні).

3.3.2 Склад виробу та вимоги до його конструктивного виконання

До складу комбайну повинні входити наступні основні складальні частини:

- агрегат бурильний – 1 шт.;
- маніпулятор – 1 шт.;
- бурові штанги на висоту буріння 200 м або 400 м – 1 комплект (за замовленням споживача);
- розбурювачі діаметром 0,8; 1,25; 1,5; 1,8; 2,24; 2,5; 3,15 та 3,55 м – за замовленням споживача;
- платформа з електричною шафою керування та кабіною керування – 1 шт.;
- маслостанція – 1 шт.;
- подавальний пристрій для штанг – 1 шт.;
- комплект запасних частин – 1 комплект;
- комплект інструменту та приладдя – 1 комплект.

До комплекту обладнання комбайну мають бути прикладені наступні документи:

- технічний опис та інструкція з експлуатації;
- формуляр;
- паспорт;
- експлуатаційна документація на покупне комплектувальне обладнання.

Комбайн має поставлятися у зібраному вигляді за виключенням бурильного агрегату, що поставляється як окрема транспортна одиниця.

Габаритні розміри складальних одиниць комбайну у транспортному положенні повинні забезпечувати спуск їх в шахту в кліті завширшки 1500 мм і довжиною 4,5 м та транспортування по рейковому шляху з колією 750 мм або 900 мм по виробках перетином 9 м² і більше.

Маса складальних одиниць комбайну, що транспортуватимуться самостійно, не повинна перевищувати 18000 кг.

Кліматичне виконання комбайну У, категорія розміщення 5 (в діапазоні температур від +2 до +35° С) за ДСТУ 15150.

Електрообладнання комбайну має відповідати усім вимогам ДСТУ 24574,

ДСТУ 24719 та «Правил безпеки під час розробки родовищ рудних та нерудних корисних копалин підземним способом» [17].

Шафа керування, клемна коробка та електричний пульт керування мають бути виготовлені у рудниковому нормальному виконанні зі ступенем захисту від пилу і вологи JP54 за ДСТУ 12254.

Електрична схема комбайну повинна забезпечувати:

- дистанційне керування усіма електродвигунами машини з пульта керування;
- подачу та зняття напруги з комбайну і шафи керування за допомогою кнопок на пульті керування;
- плавне регулювання (як у бік зростання, так і зменшення) частоти обертання двигунів обертача;
- блокування, що забезпечує запуск двигунів обертача лише при нульовому положенні регулятора частоти обертання;
- захист від перевантажень механізмів та електричних ланцюгів комбайну в режимах «буріння», «розгвинчування» та «згвинчування».

Електричний опір шафи керування, клемної коробки та електричного пульта керування повинна витримувати протягом 1 хвилини без пробоя та поверхневого перекриття випробувальні напруги змінного струму частотою 50 Гц, що дорівнюють:

- для ланцюгів з напругою 380 В – 2500 В;
- для ланцюгів керування та освітлення – 1000 В.

Розбурювачі повинні мати єдиний приєднувальний елемент, а шарошки розбурювачів, що використовуються для порід різної міцності, мають бути взаємозамінними за місцями установки.

Комбайн поставлятиметься з шарошками для буріння по породах з коефіцієнтами міцності 8-12 за шкалою проф. М.М. Протод'яконова, а шарошки для порід з коефіцієнтами міцності 12-16 включатимуться у комплект за замовленням споживача.

Склад комплекту запасних частин, що поставляються разом з комбайном

(окрім шарошок), має забезпечувати його працездатність протягом усього гарантійного терміну служби.

Склад комплекту інструментів та приладдя повинен забезпечувати можливість виконання основних і допоміжних робочих операцій, технічного обслуговування, проведення поточних ремонтів, заміни швидкозношуваних деталей та складальних одиниць в умовах експлуатації.

Конструкція комбайну повинна забезпечувати:

- можливість проведення висхідної виробки за два проходи з попереднім бурінням пілотної свердловини та подальшим розбурюванням виробки спеціальним пристроєм (розбурювачем) на повний перетин;

- плавне регулювання частоти обертання робочого інструменту, зусилля подачі його на забій, витрати та співвідношення компонентів водо-повітряної суміші;

- механізовану за допомогою маніпулятора подачу бурових штанг в бурильний агрегат і вилучення їх з нього, установку бурильного агрегату в робоче та укладання його в транспортне положення (в тому числі розвороти його в бурову камеру та з камери назад в основну виробку);

- переміщення обертача по напрямних по усій довжині без заїдань;

- поворот і переміщення без перекосів усіх шарнірних та рухомих частин механізмів і пристроїв;

- зручність заміни швидкозношуваних складальних одиниць та деталей;

- наявність оперативних надписів на усіх кнопках та для усіх положень рукояток керування;

- наявність маркування місць підключення рукавів високого тиску, що з'єднують блок живлення з пультом керування, а останній – з бурильним агрегатом.

Внутрішні поверхні бурових штанг, штанг-стабілізаторів та перехідників бурового поставу мають бути очищені від окалини, бруду і стружки та покрити консерваційним мастилом. Кожен з перерахованих елементів, а також шпіндель обертача потрібно піддавати контролю на відсутність тріщин, розшарувань та інших дефектів, на твердість та відповідність натягів і граничних відхилень кінцевих замкових різьб вимогам креслень. Усі ці деталі заборонено допускати до скла-

дальних операцій без відповідного клейма відділу технічного контролю.

3.3.3 Показники призначення та економного використання сировини, матеріалів, палива і енергії

Основні очікувані технічні параметри комбайну 2КВР-3000 (показники призначення, економного використання сировини, матеріалів, палива та енергії) приведені в табл. 3.3.

3.3.4 Вимоги до надійності

Гарантійний термін служби виробу має бути не менше 12 місяців від дня уведення його в експлуатацію, але не більше 18 місяців від дня отримання його споживачем.

Решта вимог до надійності комбайну приведені в табл. 3.4.

3.3.5 Вимоги до технологічності та метрологічного забезпечення розробки, виробництва та експлуатації виробу

Під час розробки конструкції виробу мають бути враховані усі технологічні та метрологічні можливості підприємства-виготовлювача.

Метрологічне забезпечення якості комбайну повинно виконуватися згідно з вимогами галузевого стандарту 24.008.06. Основні контрольовані параметри при цьому мають бути наступними:

- технічна продуктивність машини;
- потужність, споживана комбайном;
- габаритні розміри його складових частин;
- питома витрата електроенергії;
- питома маса установки.

Конструкція та технологія використання комбайну мають повністю відповідати існуючим у гірничодобувній галузі умовам, способу та порядку ведення робіт.

Інші вимоги:

Таблиця 3.3 – Основні очікувані параметри комбайну 2КВР-3000

Показники	Значення
Номінальний діаметр робочого органу (розбурювача), м	3,15
Ряд діаметрів розбурювачів, м	0,8; 1,25; 1,5; 1,8; 2,24; 2,5; 3,15; 3,55
Кут нахилу виробки відносно горизонталі, рад (град.), при діаметрах розбурювачів, м:	
0,8-2,5	1,047-1,57 (60-90)
3,15	1,309-1,57 (75-90)
3,55	1,483-1,57 (85-90)
Коефіцієнт міцності порід, що руйнуються, за шкалою проф. М.М. Протод'яконова	4-14 (до 18-20)
Продуктивність технічна під час роботи розбурювача діаметром 3,15 м, м ³ /год. (м/год.), не менше	4,8 (0,5)
Встановлена потужність, кВт, не більше	350
Потужність приводу робочого органу, кВт, не більше	250
Питома витрата енергії на руйнування породи під час роботи розбурювача діаметром 3,15 м, кВт·год/м ³ , не більше	72,8
Габаритні розміри бурильного агрегату в робочому положенні, мм, не більше:	
довжина	2200
ширина	1460
висота	6300
Маса комбайну з комплектом бурових штанг на висоту буріння 400 м та з розбурювачем діаметром 3,15 м, кг, не більше	235000
Маса бурильного агрегату, кг, не більше	23000
Питома маса, кг/м ³ , не більше	7,82

Таблиця 3.4 – Вимоги до надійності комбайну 2КВР-3000

Показники	Значення
90% -е напрацювання на відмову, год.	20
Середнє напрацювання на відмову, год.	34
Повний середній термін служби, років	5

- бурильний агрегат повинен мати пристрій для його установки в робоче положення;
- час введення комбайну в роботу не може перевищувати 10 робочих змін;
- конструкція машини повинна забезпечувати вільний доступ до усіх механізмів для їхнього обслуговування та ремонту;
- заміна швидкозношуваних частин має здійснюватися безпосередньо на робочому місці без використання будь-яких спеціальних пристроїв та пристосувань, що не входять у комплект поставки комбайну.

Вимоги до технологічності конструкції та метрологічного забезпечення розробки уточнюються та узгоджуються із замовником на усіх стадіях створення комбайну.

3.3.6 Вимоги до рівня стандартизації та уніфікації

В розробці повинно бути забезпечено максимальне застосування покупного, стандартного, уніфікованого та запозиченого обладнання, складальних одиниць та деталей.

В якості обмежувальних переліків на сортамент чорних і кольорових металів, кріпильні елементи, покупні вироби, неметалеві матеріали, елементи конструкції тощо потрібно застосовувати стандарти або обмежувальні переліки заводу-виготовлювача.

Коефіцієнт уніфікації має бути не нижче 25%. Його остаточне значення уточнюється на стадії коректування робочої конструкторської документації за результатами приймальних випробувань виробу.

3.3.7 Вимоги безпеки, охорони здоров'я та навколишнього середовища

Комбайн має відповідати вимогам ДСТУ 12.2.003, ДСТУ 12.2.106 та «Правил безпеки під час розробки родовищ рудних та нерудних корисних копалин підземним способом» [17].

Конструкція комбайну повинна гарантувати:

- безпеку обслуговуючого персоналу під час монтажу, підготовки до експ-

луатації, власне експлуатації, технічного обслуговування та ремонту виробу;

- вільний доступ до органів керування.

Керування основними механізмами комбайну повинно здійснюватися дистанційно з кабіни керування. Робоче місце машиніста комбайну з пультом керування його основними вузлами розміщується поза зоною експлуатації бурильного агрегату, має забезпечувати можливість спостереження за роботою усіх його рухомих частин та відповідати вимогам ДСТУ 12.2.106.

Пневматичні пристрої та магістралі комбайну повинні відповідати вимогам ДСТУ 12.2.101, а гідравлічні пристрої та магістралі – ДСТУ 12.2.040 та ДСТУ 12.2.086.

Конструкція та будова електрообладнання машини повинні задовольняти вимогам діючих «Правил будови електроустановок» та ДСТУ 24.754 «Електрообладнання рудникового нормальне. Загальні технічні вимоги та методи випробувань».

Еквівалентний рівень звуку на робочому місці машиніста, приведений до повного часу робочої зміни, не повинен перевищувати значень, встановлених ДСТУ 12.1.003.

Середні квадратичні значення віброшвидкості (або їхні логарифмічні рівні) в октавних смугах частот на робочому місці машиніста не повинні перевищувати значень, встановлених ДСТУ 12.1.012.

Концентрація пилу в повітрі робочої зони комбайну не повинна перевищувати гранично допустиме значення за ДСТУ 12.1.005. Сам комбайн в процесі експлуатації не повинен виділяти в робочу зону шкідливі речовини у кількості, що перевищує гранично допустимі концентрації за ДСТУ 12.1.005.

Конструкція комбайну повинна передбачати:

- можливість підйому бурильного агрегату в робоче положення та укладання його в транспортне положення без необхідності знаходження обслуговуючого персоналу ближче, ніж на відстані 3 м від нього;

- наявність рейкових захватів на усіх колісно-рейкових візках та платформах установки для запобігання їхнього мимовільного руху;

- можливість надійного кріплення бурових штанг на платформі для їхнього транспортування та зберігання;
- наявність спеціального пристрою для запобігання випадковій подачі напруги на комбайн під час виконання монтажних, налагоджувальних або ремонтних робіт;
- наявність блокувань, що забезпечують:
 - неможливість подачі бурового інструменту на забій на робочій швидкості без подачі води для пилопригнічення;
 - неможливість вмикання комбайну з пульта керування при відключення його з нижнього горизонту під час виконання робіт з монтажу та демонтажу бурового інструменту;
 - неможливість вмикання обертача бурильного агрегату на режим «розгвинчування», коли буровий постав на зафіксований у ключі.

Комбайн має бути укомплектований:

- звуковою попереджувальною сигналізацією;
- телефонним зв'язком;
- приладом для вимірювання витрати води, що подається для пилопригнічення. Витрата води повинна бути не менше 40 л/хв.;
- вогнегасником.

Вимоги щодо охорони природи до конструкції комбайну не ставляться.

3.3.8 Естетичні та ергономічні вимоги

Форма складальних частин установки має бути раціональною, відповідати її функціональному призначенню та створювати враження єдиного композиційного цілого. На зовнішніх поверхнях виробу не повинно бути зайвих зазорів, поглиблень, кишень та інших дрібних деталей, позбавлених композиційного зв'язку із загальним конструктивним рішенням машини.

Кольорове оформлення установки має відповідати її призначенню та умовам експлуатації. Усі лакофарбові покриття повинні відповідати вимогам ОСТ 24.982.10 для умов експлуатації покрить VI, клас покрить – V-VII. Сигнальні ко-

льори та знаки безпеки – за ДСТУ 12.4.026.

Освітленість робочого місця повинна відповідати діючим «Нормам освітленості для підземних машин і механізмів».

Ергономічні та гігієнічні показники мають відповідати вимогам існуючим ДСТУ 12.2.106. Зокрема, зусилля на рукоятках і кнопках ручного дистанційного керування не повинні перевищувати встановлених допустимих норм, а підтримка постійного зусилля на робочий інструмент має бути передбачена в автоматичному режимі.

3.3.9 Вимоги до складальних частин, сировини, вихідних та експлуатаційних матеріалів

Покупні складальні частини, вихідні матеріали і сировина, що використовуються для виготовлення комбайну, фарби, мастила та робочі рідини мають відповідати призначенню та умовам роботи комбайну.

Для конструкції установки потрібно застосовувати матеріали, здатні активно протистояти абразивному зносу, впливу шахтного середовища, а для силових елементів – високоміцні леговані сталі. Використання гостродефіцитних кольорових металів та сплавів має бути зведено до мінімуму.

Прокладки з картону і пароніту, роз'єми корпусів і кришок редукторів, штоки і кришки гідроциліндрів повинні бути змащені, а порожнини підшипникових вузлів і канавки лабіринтів – заповнені прес-солідолом «С» за ДСТУ 4366. Повстяні ущільнення просочуються маслом індустриальним І-40А за ДСТУ 20799.

Вали, осі та різьбові поверхні кріпильних деталей мають бути змащені графітним мастилом УСса за ДСТУ 3333.

Різьбові кінці бурових штанг, штанг-стабілізаторів, перехідників та шпindelей обертача повинні бути змащені консерваційним мастилом ПВК за ДСТУ 19537.

В редуктор обертача має бути залито масло індустриальне І-30А за ДСТУ 20799 з 5% присадки КП-2 за ТУ 38.1019. Така ж олива повинна використовуватися в якості робочої рідини для гідросистеми машини. Температура олив в обох

вузлах при сталому режимі роботи не повинна перевищувати 60° С. Витоки масла в елементах гідросистеми, а також через ущільнення, прокладки та пробки обертача та підшипникових механізмів комбайну не допускаються.

3.3.10 Вимоги до маркування та пакування

На кабіні керування кожного комбайну має бути закріплена табличка, виконана за ДСТУ 12971 згідно з вимогами ДСТУ 12969, з наступною обов'язковою інформацією:

- товарним знаком або найменуванням заводу-виготовлювача;
- найменуванням та умовним позначенням виробу;
- порядковим номером виробу за системою нумерації підприємства-виготовлювача;
- місяцем і роком випуску;
- позначенням технічних умов, за якими випускається виріб.

Маркування має бути виконано способом (литвом, штампуванням, гравіруванням, ударним чи іншим), що забезпечує збереженість надписів протягом усього терміну служби комбайну.

Складальні частини комбайну, які транспортуються окремо, повинні мати монтажне маркування згідно з вимогами ДСТУ 24444.

Маркування транспортної тари та незапакованих вантажних місць здійснюється згідно з ДСТУ 14192.

Складальні частини комбайну, інструмент та приладдя повинні бути законсервовані згідно з вимогами ДСТУ 9.014.

Група виробів – III, варіант тимчасового захисту – ВЗ-4, варіант внутрішнього пакування – ВУ-1, термін захисту без повторної консервації для категорії умов зберігання та транспортування 8 (ОЖЗ) – один рік.

Варіант тимчасового захисту для запасних частин – ВЗ-1, варіант внутрішнього пакування – ВУ-1, термін захисту без повторної консервації для категорії умов зберігання та транспортування 2 (С) – три роки.

Великі складальні частини (окрім кабіни керування, дрібних складальних

одиниць і деталей, запасних частин та інструменту) поставляються без упаковки. Захист таких частин – КУ-0 за ДСТУ 23170.

Кабіна керування, дрібні складальні одиниці і деталі, запасні частини та інструмент пакуються у шухляди типу III-I, виготовлені згідно з вимогами ДСТУ 2991 та (або) ДСТУ 10198, категорія упаковки – КУ-2 за ДСТУ 23170.

Вироби гідравлічного обладнання з комплекту запасних частин повинні бути запаковані згідно з вимогами ДСТУ 15180, категорія упаковки – КУ-2.

Упаковка електрообладнання має відповідати вимогам ДСТУ 23216. Виконання упаковки на міцність – У/КУ-2, поєднання транспортної тари з внутрішньою упаковкою – ТЕ-1/ВУ-1.

Упаковка технічної та товаросупроводжувальної документації здійснюється згідно з вимогами ДСТУ 23170.

3.3.11 Вимоги до транспортування та зберігання

Комбайн може транспортуватися залізничним та автомобільним транспортом.

У випадку перевезення установки залізничним транспортом розташування та кріплення вантажних місць слід робити у відповідності з нормами та вимогами діючих на Укрзалізниці «Технічних умов завантаження та кріплення вантажів». В разі використання автомобільного транспорту потрібно діяти згідно з правилами перевезення вантажів, які існують у цій транспортній галузі. Але у будь-якому випадку розташування і кріплення складальних частин комбайну повинні забезпечувати стійкі положення усіх вантажних місць під час руху. Зміщення та удари не допускаються.

Умови транспортування комбайну у частині впливу механічних факторів – Ж за ДСТУ 23170, у частині впливу кліматичних факторів – 8 (ОЖ3) за ДСТУ 15150.

Зберігання складальних частин комбайну без упаковки повинно відповідати умовам 5 (ОЖ4) за ДСТУ 15150.

Зберігання запакованих складальних одиниць, деталей та запасних частин

має відповідати умовам 2 (С) за ДСТУ 15150.

Термін зберігання комбайну не повинен перевищувати двох років.

3.4 Обґрунтування значень показників якості установки

3.4.1 Показники призначення

Діаметр робочого органу комбайну визначається з функціонального призначення висхідних виробок, які він може проходити. Оскільки установка ЗКВР-3000 створена для проведення ходових, вентиляційних, матеріальних висхідних виробок, виробок для перепускання води та подачі напруги, а також виробок для полегшення процесу проходки стовбурів шахт великого діаметру буропідливним способом, то запропонованого діапазону діаметрів (0,8-3,55 м – див. табл. 3.3) буде для цього цілком достатньо.

Висота буріння визначається замовником. Для забезпечення виносу продуктів руйнування породи під час буріння пілотної свердловини долотом діаметром 320 мм потрібні штанги із зовнішнім діаметром 229 мм. Такі труби здатні забезпечити безаварійну роботу комбайну за схемою розбурювання знизу-нагору, коли буровий постав працюватиме на розтягування, максимум на висоту 400 м.

Технічна продуктивність. Механічна швидкість розбурювання по породах з коефіцієнтом міцності до 14 робочим органом діаметром 3,15 м визначатиметься за наступною формулою:

$$v_{\text{мех}} = 4,5 \frac{3 - \ln f}{D} = 4,5 \frac{3 - 2,303 \ln 14}{3,15} = 0,52 \text{ м/год.},$$

де $f = 14$ – коефіцієнт міцності порід; $D = 3,15$ м – діаметр робочого органу.

Тоді величина технічної продуктивності становитиме:

$$W_{\text{техн}} = v_{\text{мех}} S = 0,52 \frac{\pi D^2}{4} = 0,52 \frac{3,14 \cdot 3,15^2}{4} = 4,05 \approx 4 \text{ м}^3/\text{год.},$$

де S – площа перетину висхідної виробки діаметром 3,15 м.

Слід відзначити, що в технічних характеристиках закордонних аналогів по-

дібного обладнання показник технічної продуктивності, як правило, відсутній, що свідчить про його непередбаченість при роботі в дуже різноманітних умовах експлуатації.

Для перспективного зразка величину технічної продуктивності можна визначити наступним чином:

$$W_{\text{п.техн}} = W_{\text{техн}} \Delta T^{0,0643} = 4 \cdot 4^{0,0643} = 4,8 \text{ м}^3/\text{год.},$$

де $\Delta T = 4$ роки – термін створення перспективного зразка (від розробки технічного завдання до початку серійного виробництва).

Коефіцієнт міцності порід, що руйнуються. Для прохідницьких комбайнів фірм Robbins та Sandvik Tamrock межа міцності оброблюваних порід на стискання складає приблизно 200 МПа.

Коефіцієнт міцності визначимо за формулою:

$$f = \frac{\sigma_{\text{ст}}}{30} + \sqrt{\frac{\sigma_{\text{ст}}}{3}} = \frac{200}{30} + \sqrt{\frac{200}{3}} = 14.$$

Таким чином, коефіцієнт міцності порід, що буряться, вибраний для комбайну правильно.

Кут нахилу висхідної виробки відносно горизонталі. До виробок значної протяжності, як правило, ставляться жорсткі вимоги що відхилення осі виробки від прямолінійності. Величина цього відхилення від заданого напрямку багато в чому залежить від кута нахилу виробки від горизонталі. Досвід роботи прохідницьких комбайнів 2КВ та 1КВ1 свідчить, що найбільш доцільним кутом нахилу висхідних виробок від горизонталі є 60-90°. Саме таке значення вибрано для комбайну 2КВР-3000.

3.4.2 Показники надійності

Середнє напрацювання на відмову перспективного зразка може апроксимуватися наступною формулою:

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{02КВ-3000}} \Delta T_1^{0,224} = 18 \cdot 17^{0,224} = 34 \text{ год.},$$

$T_{02KB-3000} = 18$ год. – напрацювання на відмову комбайну 2KB-3000; ΔT_1 – очікуваний термін серійного виробництва 2KB-3000.

90%-й ресурс до першого капітального ремонту перспективного зразка апроксимується формулою:

$$T_{кп} = T_{к2KB-3000} \Delta T_1^{0,0796} = 5000 \cdot 17^{0,0796} = 6264 \text{ год.},$$

$T_{к2KB-3000} = 5000$ год. – ресурс до першого капітального ремонту комбайну 2KB-3000.

3.4.3 Показники економного використання сировини, енергії та трудових ресурсів

Питома витрата електроенергії визначається як відношення встановленої потужності до величини технічної продуктивності:

$$E_{п} = \frac{N_{вст}}{W_{п}} = \frac{350}{4,8} = 72,8 \text{ кВт} \cdot \text{год.} / \text{м}^3.$$

Питома маса визначається як відношення маси виробу до величини ресурсу до першого капітального ремонту, та виражається в наступних об'ємних одиницях:

$$M_{п} = \frac{M}{WT} = \frac{235000}{4,8 \cdot 6264} = 7,82 \text{ кг} / \text{м}^3,$$

де M – маса виробу, кг; W – технічна продуктивність, $\text{м}^3/\text{м}$; T – ресурс до першого капітального ремонту, год.

3.5 Розрахунки очікуваних витрат часу на виконання робочих операцій

Розрахунки виконано згідно з рекомендаціями для прохідницьких комбайнів серії 2KB, викладеними в [5].

Час, що витратиться на монтаж комбайну:

$$T_{м} = \frac{H_{м}}{T_{зм}} = \frac{84,56}{6} = 14,93 \approx 15 \text{ чол.} \cdot \text{змін},$$

де $H_m = 84,56$ чол.·год. – норма часу на монтаж комбайну типу 2КВ; $T_{зм} = 6$ год. – тривалість зміни.

Час, що витрачається на буріння пілотної свердловини:

$$T_{\Pi} = \frac{L_{\text{в}}}{H_{\text{вир.п}}} = \frac{400}{17,03} \approx 24 \text{ чол.·змін},$$

де $L_{\text{в}} = 400$ м – довжина висхідної виробки; $H_{\text{вир.п}} = 24,73 - 0,55f = 24,73 - 0,55 \cdot 14 = 17,03$ м/зміну – норма виробітку на буріння пілотної свердловини довжиною 100 м (на жаль, у джерелі [5] надані формули для визначення величини $H_{\text{вир.п}}$ лише до такої глибини висхідної виробки. Але із збільшенням довжини виробки будуть зростати непродуктивні витрати часу, наприклад для нарощування бурового постапу, тому для їхнього урахування зменшимо норму виробітку приблизно у 2 рази – до $H_{\text{вир.п}} = 8,5$ м/зміну); $f = 14$ – міцність порід за шкалою проф. М.М. Протод'яконова. Тоді отримаємо: $T_{\Pi} = \frac{400}{8,5} \approx 47$ чол.·змін,

Час, що витрачається на розбурювання висхідної виробки:

$$T_{\text{р}} = \frac{L_{\text{в}}}{H_{\text{вир.р}}} = \frac{400}{4,72} \approx 85 \text{ чол.·змін},$$

де $H_{\text{вир.р}} = 9,36e^{-0,054f} = 9,36 \cdot 2,54^{-0,054 \cdot 14} = 4,72$ м/зміну – норма виробітку на буріння пілотної свердловини (це також величина для $L_{\text{в}} = 100$ м, тому з аналогічних причин зменшуємо її до $H_{\text{вир.р}} = 3$ м/зміну та отримуємо: $T_{\text{р}} = \frac{400}{3} \approx 133$ чол.·змін.

Час, що витрачається на демонтаж комбайну:

$$T_{\text{д}} = \frac{H_{\text{д}}}{T_{\text{зм}}} = \frac{40,46}{6} = 6,74 \approx 7 \text{ чол.·змін},$$

де $H_{\text{д}} = 40,46$ чол.·год. – норма часу на демонтаж комбайну типу 2КВ.

Таким чином, загальна трудомісткість процесу проходки висхідної виробки складе:

$$T_{\text{прох.в}} = T_{\text{м}} + T_{\Pi} + T_{\text{р}} + T_{\text{д}} = 15 + 47 + 133 + 7 = 202 \text{ чол.·змін},$$

а змінна норма виробітку:

$$H_{\text{знв}} = \frac{L_{\text{в}}}{T_{\text{прох.в}}} = \frac{400}{202} = 1,98 \text{ м/зміну.}$$

Маючи ці цифри, для кожного робочого процесу прохідницького циклу можна розробити циклограму робіт за формою, приведеною в табл. 3.5 [5].

Таблиця 3.5 – Циклограма робіт проходки висхідної виробки

Назва робочого процесу	Тривалість, змін							
	1	2	3	...	31	32	33	...
Монтаж комбайну								
Буріння пілотної свердловини								
Розбурювання висхідної виробки								
Демонтаж комбайну								

3.6 Загальна оцінка технічного рівня пропонованої конструкції комбайну

Інститутом НДПІрудмаш в процесі виконання науково-дослідних та проектно-конструкторських робіт, пов'язаних зі створенням комбайну 2КВР-3000 для проходки висхідних виробок, був проведений патентний пошук та розроблена карта технічного рівня установки з метою аналізу тенденцій розвитку такого обладнання, патентно-ліцензійної ситуації, забезпечення новітності та патентного захисту прийнятих технічних рішень, виявлення аналогів та прототипу машини.

Найближчими аналогами розроблюваної конструкції стали:

- комбайни 2КВ-А та 2КВ-3000 вітчизняного виробництва;
- закордонні конструкції: установка 85R фірми Robbins (США); установка HG фірми Wirt (Німеччина); установка RHINO 2000DS фірми Sandvik Tamrock (Фінляндія) (краща з них).

Усі названі машини у значній мірі відрізняються одна від інших, що пояснюється застосуванням різних способів вирішення головної задачі проектування – забезпечення працездатності бурового поставу в умовах зростання його довжини для буріння глибоких виробок (400 м і більше).

В закордонних конструкціях вона вирішується за рахунок збільшення діаметру труб. Під час конструювання комбайну 2КВР-3000 проектувальники пішли іншим шляхом – зниження навантаження на буровий постав вони забезпечили за рахунок винесення одного ступеню обертача в розбурювач, внаслідок чого крутний момент на буровому поставі був зменшений.

Іншим компонентом, від якого здебільшого залежать параметри та конструкційні особливості комбайну, є прийнятий тип приводу, до якого ставляться високі вимоги плавності регулювання та компактності.

Закордонний та вітчизняний досвід машинного буріння гірничих порід свідчить про переваги регульованого приводу постійного струму, який, маючи позитивні якості гідроприводу у відношенні плавності регулювання, відрізняється від нього більш високим рівнем надійності, витрачає удвічі менше енергії та вимагає менших експлуатаційних витрат.

В міру удосконалення способу проходки висхідних виробок методом буріння поступово й неухильно зростають величини таких параметрів, як діаметр та глибина буріння, що призводить до розширення області використання комбайнів. У пропонованій конструкції цього можна добитися шляхом збільшення числа діаметрів виробок, доступних для проходки, за рахунок використання розділеної схеми приводу.

В конструкціях прохідницьких комбайнів підвищується ступінь механізації не лише основних, але й допоміжних операцій. Проте, закордонні фірми, як правило, покладаються на високу озброєність споживачів різноманітною допоміжною технікою, що широко пропонується на світовому ринку гірничодобувного обладнання, і не постачають свої установки пристроями для розвороту бурильного агрегату в бурову камеру, установки його в робоче положення та зняття з нього після закінчення проходки виробки. Установка 2КВР-3000 у цьому відношенні вигідно відрізняється від них.

Таким чином, комбайн 2КВР-3000 має у порівнянні із закордонними аналогами наступні переваги:

- простіший буровий постав без подвійних лисок на трубах;

- розділена схема приводу;
- більш високу енергоозброєність;
- вищий ступінь механізації основних та допоміжних операцій прохідницького циклу;
- більш економне використання робочого простору;
- можливість проходки висхідних виробок широкого діапазону діаметрів із забезпечення завдяки цьому повного завантаження комбайну у часі в умовах одного підземного підприємства.

Висновки:

- попередниками розроблюваного комбайну 2КВР-3000 були конструкції модельного ряду 2КВ, спроектовані спеціалістами інституту: перша установка серії 2КВ, а також 2КВ-А (2КВ-1500) та 2КВ-3000. Кожна з них не поступалася найкращим зразкам закордонного обладнання, призначеного для бурової проходки висхідних виробок. В конструкціях комбайнів були використані численні новітні на той час технічні рішення, які дозволили створити оригінальні і компактні агрегати підвищеної надійності, що забезпечували механізацію більшості операцій прохідницького циклу. Кожна з них у тій чи іншій мірі розширювала технологічні можливості подібного вискоєфективного прохідницького устаткування з досконалими конструкціями робочих органів, озброєних шарошками для руйнування гірничих порід різної міцності;

- але номенклатура підземних висхідних виробок сучасних рудників, призначених для виконання різних технологічних операцій як безпосереднього видобутку корисної копалини, так і забезпечення життєдіяльності підземного підприємства, дуже різноманітна за діаметрами і довжиною (висотою, глибиною) цих виробок, що потребує наявності як мінімум двох прохідницьких установок різного типорозміру на кожній шахті. З огляду на складність конструкцій та високу вартість такого обладнання, це робить його використання малорентабельним. Існує необхідність створення універсальної конструкції бурильної установки подібного типу, яка б охоплювала весь потрібний діапазон геометричних параметрів висхід-

них виробок і виконувала весь обсяг прохідницьких робіт цього виду. Крім того, це б сприяло підвищенню коефіцієнту використання обладнання у часі, що дуже важливо з точки зору запобігання передчасного морального старіння установок;

- з цією метою зроблено спробу розробки такого агрегату для бурової проходки висхідних виробок діаметром від 0,8 до 3,55 м і висотою до 400 м у породах міцністю до 14 (з прошарками порід міцністю до 18) за шкалою проф. М.М. Протод'яконова в шахтах, безпечних у відношенні газу і пилу;

- в процесі виконання роботи розглянуто існуючі умови експлуатації та запропоновано основні технічні вимоги до створюваного прохідницького комбайну 2КВР-3000, які стосуються складу конструкції та особливостей її будови, обґрунтовано показники призначення, економного використання матеріальних ресурсів та надійності установки, сформульовано вимоги до технологічності та метрологічного забезпечення розробки, виробництва та експлуатації виробу, до рівня її стандартизації та уніфікації, безпеки, охорони здоров'я та навколишнього середовища, естетичних та ергономічних характеристик технічного об'єкту, маркування та пакування, транспортування та зберігання виробу;

- в роботі також обґрунтовано раціональні значення показників якості установки, розраховано очікувані витрати часу на виконання робочих операцій прохідницького циклу, виконано загальний огляд технічного рівня запропонованої конструкції.

4 ОБГРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ЗАХОДІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПРОПОНОВАНОГО ОБЛАДНАННЯ

4.1 Оцінка економічної рентабельності використання комбайну

Для оцінки доцільності використання пропонованої конструкції комбайну (тобто нового варіанту) з економічної точки зору порівнюємо очікувані результати його роботи з базовим варіантом. За базу порівняння приймаємо існуючий буропідливний спосіб проведення та поглиблення стовбурів шахт малого діаметру.

В процесі виконання останньої операції спочатку проходять камери для підйомної машини та лебідок, потім копрову частину шахти та висхідну виробку для струни канату. Далі монтують підйомну машину і лебідки та починають поглиблення стовбуру шахти діаметром 3,6 м. Для цього використовують баддю ємністю 1 м³ та підйомну машину, що знаходиться на верхньому горизонті.

Після підривання шпурів та провітрювання забою опускають призабійну опалубку на підірвану породу і здійснюють укладання швидкотвердіючого бетону, що подається у забій по трубах. Потім прибирають породу і бурять нові шпури, після чого цикл повторюється.

Після закінчення прохідницьких робіт використане обладнання демонтують разом із запобіжним помостом. Для поглиблення стовбуру використовується наступне обладнання:

- перфоратори ПТ-38 для буріння шпурів;
- пневмовантажник КС-3 для завантаження бадді;
- підйомна машина Ц-1,6х1,2;
- підвісний поміст, підвісний насос НП-2, вентилятор ВМ-5М, рятувальні сходи, освітлювальні пристрої та лебідки для перерахованих пристроїв.

Розрахуємо річні обсяги робіт для базового (буропідливний спосіб – індекс 1) та нового (комбайн 2КВР-3000 – індекс 2) варіантів проходки.

Базовий варіант.

Річний обсяг робіт розрахований виходячи із середньомісячних темпів про-

ходки гірничо-капітальних виробок на рудниках Кривбасу:

$$B_1 = n_m \zeta_m = 12 \cdot 24 = 288 \text{ м стовбуру діаметром 3,6 м}$$

або

$$B'_1 = \frac{B_1 \pi D^4}{4} = \frac{288 \cdot 3,14 \cdot 3,6^2}{4} = 2930 \text{ м}^3,$$

де $n_m = 12$ місяців – кількість місяців у році; $\zeta_m = 24$ м – середньомісячна швидкість проходки стовбуру шахти.

Новий варіант.

Річний обсяг робіт визначається виходячи із загальних витрат часу на проведення висхідних виробок та кількості днів роботи комбайну протягом року:

$$B_2 = \frac{N_{дн} N_{зм} H k_v}{T_3}, \text{ м},$$

де $N_{дн} = 260$ днів – середня кількість днів роботи комбайну протягом року; $N_{зм} = 3$ зміни – кількість робочих змін на добу; $H = 400$ м – висота висхідної виробки; $k_v = 0,55$ – коефіцієнт внутрішньозмінного використання обладнання; T_3 – загальні витрати часу на проведення висхідної виробки:

$$T_3 = T_{мд} + T_t + T_{мдр} + T_{нс} + T_{рв} + T_{ор},$$

де $T_{мд} = 6$ змін – час на монтаж і демонтаж комбайну; $T_t = 3$ зміни – час на транспортування комбайну до місця проведення висхідної виробки; $T_{мдр} = 2$ зміни – час на монтаж і демонтаж розбудувача; $T_{нс}$ – час на буріння напямної пілотної свердловини:

$$T_{нс} = \frac{H \left(\frac{1000 l_{шт}}{v_H} + t_{дп} \right) k_v}{(T_{зм} - T_{пз} - T_{оп}) l_{шт}}, \text{ змін},$$

де $H = 400$ м – висота висхідної виробки; $l_{шт} = 1,5$ м – довжина бурової штанги; $v_H = 30$ мм/хв. – технічна швидкість буріння пілотної свердловини; $t_{дп} = 7$ хв. – час допоміжних операцій, що припадають на довжину штанги при бурінні пілотної свердловини; $k_v = 1,1$ – коефіцієнт, що враховує відпочинок робітників; $T_{зм} = 360$

хв. – тривалість робочої зміни; $T_{пз} = 40$ хв. – тривалість підготовчо-заклучних операцій; $T_{оп} = 10$ хв. – норматив часу на особисті потреби робітників.

Звідси маємо:

$$T_{нс} = \frac{400 \left(\frac{1000 \cdot 1,5}{30} + 7 \right) 1,1}{(360 - 40 - 10) 1,5} \approx 54 \text{ зміни};$$

$T_{рв}$ – час, необхідний для розбурювання висхідної виробки:

$$T_{рв} = \frac{H \left(\frac{1000 l_{шт}}{v_p} + t_{др} \right) k_v}{(T_{зм} - T_{пз} - T_{оп}) l_{шт}}, \text{ змін},$$

де $v_p = 11$ мм/хв. – технічна швидкість розбурювання висхідної виробки; $t_{др} = 10$ хв. – час допоміжних операцій, що припадають на довжину штанги при розбурюванні висхідної виробки.

Звідси маємо:

$$T_{рв} = \frac{400 \left(\frac{1000 \cdot 1,5}{11} + 10 \right) 1,1}{(360 - 40 - 10) 1,5} = 138,5 \text{ змін};$$

$T_{ор}$ – час, необхідний на опускання розбурювача та розбирання поставу з бурових штанг:

$$T_{ор} = \frac{H(t_{дп} + t_{др}) k_v}{(T_{зм} - T_{пз} - T_{оп}) l_{шт}} = \frac{400(7 + 10) 1,1}{(360 - 40 - 10) 1,5} = 16,1 \text{ зміни}.$$

Тоді загальні витрати часу на проведення висхідної виробки становитимуть:

$$T_3 = 6 + 3 + 2 + 54 + 138,5 + 16,1 = 219,6 \text{ змін}.$$

Річний обсяг робіт складатиме:

$$B_2 = \frac{260 \cdot 3 \cdot 400 \cdot 0,55}{219,6} = 781,4 \text{ м}$$

або

$$B'_2 = \frac{B_2 \pi D^4}{4} = \frac{781,4 \cdot 3,14 \cdot 3^2}{4} = 5521 \text{ м}^3.$$

Таким чином, темп проходки у новому варіанті підвищиться у порівнянні з базовим на 88,4%. У той же час, річні експлуатаційні витрати споживача при пе-

реході з базового варіанту проходки на новий за даними інституту НДПрудмаш знизяться на 18%. Усе це переконливо свідчить про значну економічну доцільність практичного використання пропонованого обладнання.

4.2 Основні рекомендації щодо організації процесу експлуатації пропонованої конструкції комбайну

4.2.1 Правила приймання виробу після його виготовлення

Для технічного контролю комбайну передбачені приймально-передатні, періодичні та типові випробування, що здійснюються за спеціально розробленими підприємством-виготовлювачем та узгодженими з розробником програмами і методиками.

Приймально-передатні випробування, яким обов'язково піддається кожен комбайн, включають перевірку виробу та його складальних одиниць на відповідність вимогам креслень та технічних умов. При цьому покупні вироби, матеріали, а також складальні одиниці і деталі, що виготовляються за кооперацією, повинні проходити вхідний контроль заводу-виготовлювача комбайну.

Випробуванням на стендах перед установкою на комбайн згідно з розробленими програмами і методиками піддаються:

- обертач;
- підйомник;
- гідроциліндри;
- трубопроводи та рукави;
- секційний розподільник;
- шафа керування;
- електричний пульт керування.

Наприклад, випробування останніх двох складальних одиниць з перерахованих вище мають включати наступні перевірки:

- правильності електричного монтажу;
- чіткості спрацьовування електричних апаратів;

- опори ізоляції кожного фідеру;
- електричної міцності ізоляції;
- ступеню захисту JP54;
- вологостійкості за вимогами ДСТУ 16962;
- механічної міцності оглядових вікон.

Крім того, після зварювальних робіт на складальних частинах комбайну контролю піддаються усі зварні шви на відповідність вимогам стандартів та креслень.

Приймально-передатні випробування конструкції комбайну у цілому разом з його комплектувальним обладнанням здійснюються на стенді, що має підведення електроенергії, води та стисненого повітря з параметрами, які відповідають характеристикі комбайну. Випробування повинні перевірити працездатність комбайну у комплексі, налаштування і регулювання елементів гідропневмосистеми, а також визначити ступінь готовності виробу до відправки споживачу. Перевірка працездатності має включати:

- контроль правильності електричних та гідравлічних з'єднань складальних частин комбайну;
- контроль працездатності електричної схеми комбайну;
- установку бурильного агрегату в транспортне та граничні робочі положення;
- випробування бурильного агрегату та маніпулятора на міцність згідно з програмою та методикою приймально-передатних випробувань;
- випробування герметичності підведення водоповітряної суміші до обертача комбайну;
- випробування та регулювання усіх запобіжних клапанів, дроселів, ротаметру та пристрою контролю тиску і витрати води.

Якість фарбування, упаковки, пакувальної тари та консервації, а також комплектність поставки комбайну перевіряються відділом технічного контролю заводу-виготовлювача після виконання відповідних операцій перед відправкою комбайну споживачу.

Результати приймально-передатних випробувань вказуються у формулярі, що поставляється разом з комбайном.

Другий вид випробувань – періодичні – проводяться на одному комбайну з кожної партії з 30 штук, але не рідше одного разу протягом двох років. Випробування здійснюються на місці експлуатації комбайну силами заводу-виготовлювача за участі споживача та організації-розробника технічної документації згідно з вимогами технічних умов, програми і методики періодичних випробувань. Гірничо-геологічні умови експлуатації та режими роботи комбайну повинні відповідати його технічній характеристиці. При цьому перевірці підлягають показники призначення і надійності виробу, робота його електричної схеми, температура робочої рідини у гідросистемі, а також санітарно-гігієнічні умови праці прохідників.

У разі отримання незадовільних результатів періодичних випробувань комбайну або його вузлів мають бути проведені повторні випробування подвоєної кількості зразків обладнання. Результати повторних періодичних випробувань вважаються остаточними. У будь-якому випадку вони оформлюються у вигляді протоколу.

Нарешті, типові випробування проводяться після змінення конструкції комбайну або технології його виготовлення.

4.2.2 Особливості використання установки за призначенням

Правила доставки комбайну із заводу-виготовлювача на підприємство-споживач здійснюється згідно з рекомендаціями, викладеними вище, в п. 3.3.11. Під час розвантаження установки з кузова автомобіля або залізничної платформи споживач повинен перевірити стан виробу, його покрить, консервації та упаковки запасних частин.

Якщо протягом певного часу не планується використання комбайну, він відправляється на зберігання, яке потрібно здійснювати у закритому приміщенні. Допускається зберігання великих складальних одиниць, що поставляються без упаковки або з частковою упаковкою, на спеціальних прокладках на відкритому повітрі під навісом, який має захищати обладнання від прямого впливу атмосферних

опадів та сонячної радіації. Що стосується деталей і складальних одиниць електричної та гідравлічної апаратури, а також гумотехнічних виробів і кабелів, то вони повинні зберігатися на стелажах в приміщеннях з відносною вологістю повітря не більше 70% та температурою в межах від +5 до +30° С.

При тривалому зберіганні споживач зобов'язаний забезпечити захист машини від корозії. Періодично, але не рідше одного разу на півроку потрібно контролювати стан консервації комбайну. Термін зберігання установки, як було зауважено в п. 3.3.11 – не більше двох років.

Якщо ж машина відразу йде до роботи, то її розконсервовують, спускають в шахту і доставляють до місця експлуатації. На усі ці операції відводиться не більше шести робочих змін.

Процес експлуатації установки має бути організований у двох- або трьох-змінному режимі при коефіцієнті використання не нижче 0,5. Комбайн обслуговують дві людини – машиніст та помічник машиніста. Для виконання монтажних і демонтажних робіт, а також профілактичних та ремонтних заходів може залучатися додатковий персонал.

Монтаж, організації робіт під час проходки висхідних виробок, основні правила безпеки при експлуатації та технічному обслуговуванні машини повинні виконуватися згідно з технічним описом та інструкцією з експлуатації прохідницького комбайну 2КВР-3000.

Бурильний агрегат монтується в камері, що примикає до горизонтальної виробки на верхньому горизонті. Висота камери – не більше 7 м. На місці установки агрегату на корінній (незруйнованій) породі споруджується бетонна підстава з розмірами в плані не менше 4 х 4 м. Решта складальних частин комбайну розташовуються у горизонтальній виробці. При цьому має бути забезпечена можливість установки маслостанції та електричної шафи з кабіною керування у зручному місці на відстані не менше 5 м від бурильного агрегату. Аналогічне розташування складальних частин комбайну повинно виконуватися і в разі роботи установки з поверхні. У цьому випадку в зимовий час комбайн потрібно розташовувати у тимчасово утепленому приміщенні з температурою повітря в ньому не нижче +10° С.

Бурильний агрегат кріпиться до бетонної підстави за допомогою анкерних болтів. Крім того, має бути передбачений розпір агрегату у покрівлю камери в разі роботи в шахті або в спеціальну металоконструкцію при роботі з поверхні рудника.

Видача бурового шламу в процесі проходки висхідної виробки здійснюється у такий спосіб:

- під час буріння випереджальної свердловини – за допомогою бурового насосу до шламовідстійника;
- під час розбурювання виробки на повний перетин – рейковою відкаткою на нижньому горизонті за допомогою вагонів з глухим кузовом або самохідною навантажувально-доставковою машиною.

Причинами втрати працездатності комбайну під час його роботи можуть стати відмови його конструктивних елементів через надмірні навантаження, шкідливий вплив умов експлуатації, приховані дефекти деталей, тощо. В табл. 4.1 і 4.2 приведені критерії відповідно відмов та граничних станів установки.

Таблиця 4.1 – Критерії відмов комбайну 2КВР-3000

Найменування складальної одиниці	Критерії відмов
Обертач	Нагрів масла до температури вище 80° С
	Руйнування підшипників
	Поламка зубів
Розбурювач	Вихід з ладу шарошок
Гідроциліндр	Руйнування ущільнень
Буровий постав	Руйнування різьбових поверхонь на 26%

4.2.3 Технічне обслуговування комбайну

Для комбайну має бути встановлено періодичне технічне обслуговування, терміни виконання та орієнтовна трудомісткість якого приведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.2 – Критерії граничних станів комбайну 2КВР-3000

Найменування складальної одиниці	Критерії граничних станів
Обертач	Ушкодження посадкових місць підшипників, для усунення яких потрібна обробка на верстатах
Розбурювач	Знос манжет та кілець підвідного пристрою
Гідроциліндр	Ступінь зносу шпинделю, при якому не забезпечується затягування в різбовому з'єднанні зі штангою
Буровий постав	Знос задньої частини опор шарошок до товщини 12 мм
	Витоки масла більше 0,5 л за зміну
	Ступінь зносу конічних різьб, при якому не забезпечується їхнє затягування

Таблиця 4.3 – Періодичність та орієнтовна трудомісткість технічного обслуговування комбайну 2КВР-3000

Види технічного обслуговування та ремонтів	Періодичність	Тривалість, год.	Кількість робітників, чол.	Середня трудомісткість, чол.·год.
Щозмінне обслуговування (ЩО)	щозмінно	0,27	2	0,34
Технічне обслуговування № 1 (ТО-1)	щотижня	7,0	2	14,0
Технічне обслуговування № 2 (ТО-2)	щомісяця	7,0	4	28,0
Поточний ремонт Т1	через 3 місяці	25	3	75,0
Поточний ремонт Т2	через 9 місяців	50	3	150,0
Поточний ремонт Т3	через 18 місяців	60	3	180,0
Капітальний ремонт К	через 30 місяців	110	6	660,0

Кваліфікація персоналу для технічного обслуговування та ремонтів комбайну:

- машиніст установки – VI розряд;
- помічник машиніста – V розряд;
- слюсар – IV-V розряд;
- електрослюсар – V розряд.

Експлуатаційна документація повинна містити карту змащення із зазначенням норм збирання відпрацьованих олив, переліки підшипників кочення та гумотехнічних виробів з їхніми основними розмірами та рекомендаціями щодо застосування.

Окрім вимог за ДСТУ 24754 та ДСТУ 12.2.007 електрична схема комбайну повинна передбачати можливість контролю:

- температури робочої рідини у гідробаку;
- рівня робочої рідини у гідробаку;
- засмічення маслофільтрів.

Розробка ремонтної документації та норм витрати запасних частин має бути закінчена до початку виробництва капітальних ремонтів.

Висновки:

- для оцінки доцільності використання пропонованої конструкції комбайну в якості нового варіанту проходки висхідних виробок з економічної точки зору очікувані результати його роботи були порівняні з базовим. За базу порівняння прийнято існуючий буропідливний спосіб проведення та поглиблення стовбурів шахт малого діаметру. В результаті виконаного порівняльного аналізу з'ясовано, що темп проходки у новому варіанті підвищується у порівнянні з базовим на 88,4%. У той же час, річні експлуатаційні витрати споживача при переході з базового варіанту на новий за даними інституту НДПрудмаш знижуються на 18%. Усе це переконливо свідчить про значну економічну доцільність практичного використання пропонованого обладнання;

- в роботі розглянуто деякі особливості зберігання комбайну на підприємстві-

ві-споживачі, його монтажу та використання за призначенням. Сформульовано критерії відмов та граничних станів його основних складальних одиниць;

- запропоновано види, періодичність, тривалість, потреба в ремонтному персоналі та орієнтовна трудомісткість технічного обслуговування і ремонтів розробленої установки.

ВИСНОВКИ

Проведені під час виконання магістерської роботи дослідження дозволили зробити наступні висновки та сформулювати рекомендації щодо впровадження їх на практиці:

- проходка висхідних підземних гірничих виробок здійснюється двома основними технологічними способами: буропідричним та буровим. Перший з них відрізняється складністю прохідницького циклу, невисокою продуктивністю робіт, надзвичайною трудомісткістю основних і допоміжних операцій, небезпечними та шкідливими для здоров'я умовами праці прохідників. Навіть поява більш-менш механізованих прохідницьких комплексів із самохідними помостами для здійснення основних робіт не змогла суттєво підвищити ефективність та продуктивність проходки висхідних виробок;

- ситуація кардинально змінилася, коли почалася широка експлуатація прохідницьких комбайнів, що працюють за принципом бурової проходки виробок на повний перетин за допомогою робочих органів шарошкового типу. Використання такої техніки дозволило різко скоротити терміни прохідницьких робіт за рахунок суттєвого підвищення швидкості проходки, знизити їхню собівартість, усунути великі обсяги ручної праці, забезпечити нормальні санітарно-гігієнічні умови роботи прохідників;

- багатьма закордонними фірмами, у тому числі піонерами у справі започаткування такого обладнання Robbins (США) та Sandvik Tamrock (Фінляндія), випускається широка номенклатура прохідницьких комбайнів для різних систем розробки, потреб підземних підприємств та умов експлуатації. Помітне місце у цьому списку заслужено займає науково-дослідний та проектно-конструкторський інститут НДПрудмаш (м. Кривий Ріг), зусиллями спеціалістів якого створені модельні ряди комбайнів типу 1КВ та 2КВ. Агрегати характеризуються високим технічним рівнем і забезпечують сучасний рівень показників призначення та надійності;

- попередниками розроблюваного комбайну 2КВР-3000 були конструкції

модельного ряду 2КВ, спроектовані спеціалістами інституту: перша установка серії 2КВ, а також 2КВ-А (2КВ-1500) та 2КВ-3000. Кожна з них не поступалася найкращим зразкам закордонного обладнання, призначеного для бурової проходки висхідних виробок. В конструкціях комбайнів були використані численні новітні на той час технічні рішення, які дозволили створити оригінальні і компактні агрегати підвищеної надійності, що забезпечували механізацію більшості операцій прохідницького циклу. Кожна з них у тій чи іншій мірі розширювала технологічні можливості подібного вискоєфективного прохідницького устаткування з досконалими конструкціями робочих органів, озброєних шарошками для руйнування гірничих порід різної міцності;

- але номенклатура підземних висхідних виробок сучасних рудників, призначених для виконання різних технологічних операцій як безпосереднього видобутку корисної копалини, так і забезпечення життєдіяльності підземного підприємства, дуже різноманітна за діаметрами і довжиною (висотою, глибиною) цих виробок, що потребує наявності як мінімум двох прохідницьких установок різного типорозміру на кожній шахті. З огляду на складність конструкцій та високу вартість такого обладнання, це робить його використання малорентабельним. Існує необхідність створення універсальної конструкції бурильної установки подібного типу, яка б охоплювала весь потрібний діапазон геометричних параметрів висхідних виробок і виконувала весь обсяг прохідницьких робіт цього виду. Крім того, це б сприяло підвищенню коефіцієнту використання обладнання у часі, що дуже важливо з точки зору запобігання передчасного морального старіння установок;

- з цією метою зроблено спробу розробки такого агрегату для бурової проходки висхідних виробок діаметром від 0,8 до 3,55 м і висотою до 400 м у породах міцністю до 14 (з прошарками порід міцністю до 18) за шкалою проф. М.М. Протод'яконова в шахтах, безпечних у відношенні газу і пилу;

- в процесі виконання роботи розглянуто існуючі умови експлуатації та запропоновано основні технічні вимоги до створюваного прохідницького комбайну 2КВР-3000, які стосуються складу конструкції та особливостей її будови, обґрунтовано показники призначення, економного використання матеріальних ресурсів

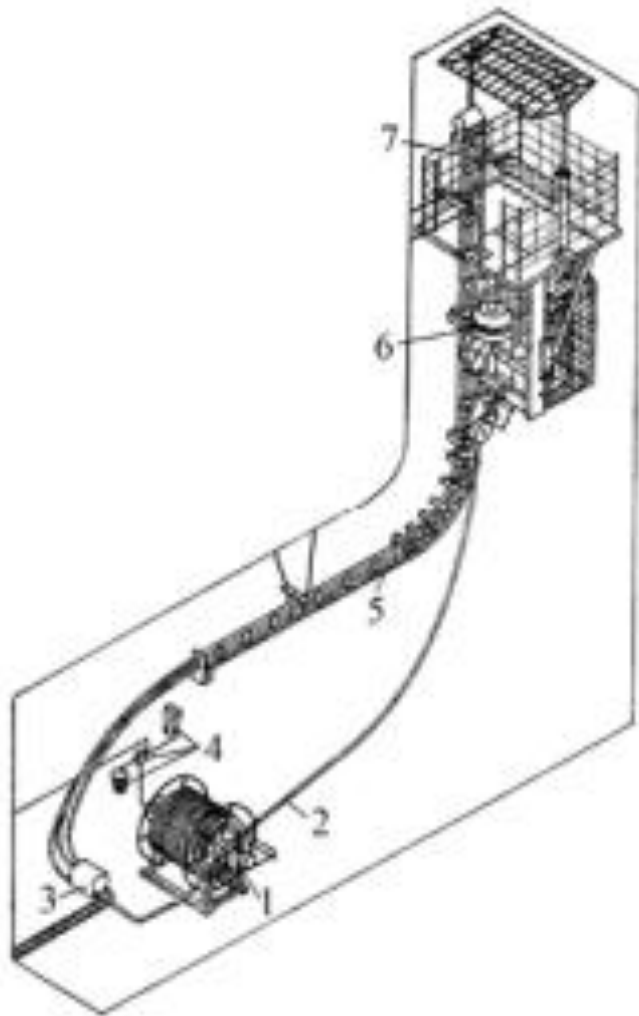
та надійності установки, сформульовано вимоги до технологічності та метрологічного забезпечення розробки, виробництва та експлуатації виробу, до рівня її стандартизації та уніфікації, безпеки, охорони здоров'я та навколишнього середовища, естетичних та ергономічних характеристик технічного об'єкту, маркування та пакування, транспортування та зберігання виробу;

- в роботі також обґрунтовано раціональні значення показників якості установки, розраховано очікувані витрати часу на виконання робочих операцій проходницького циклу, виконано загальний огляд технічного рівня пропонованої конструкції;

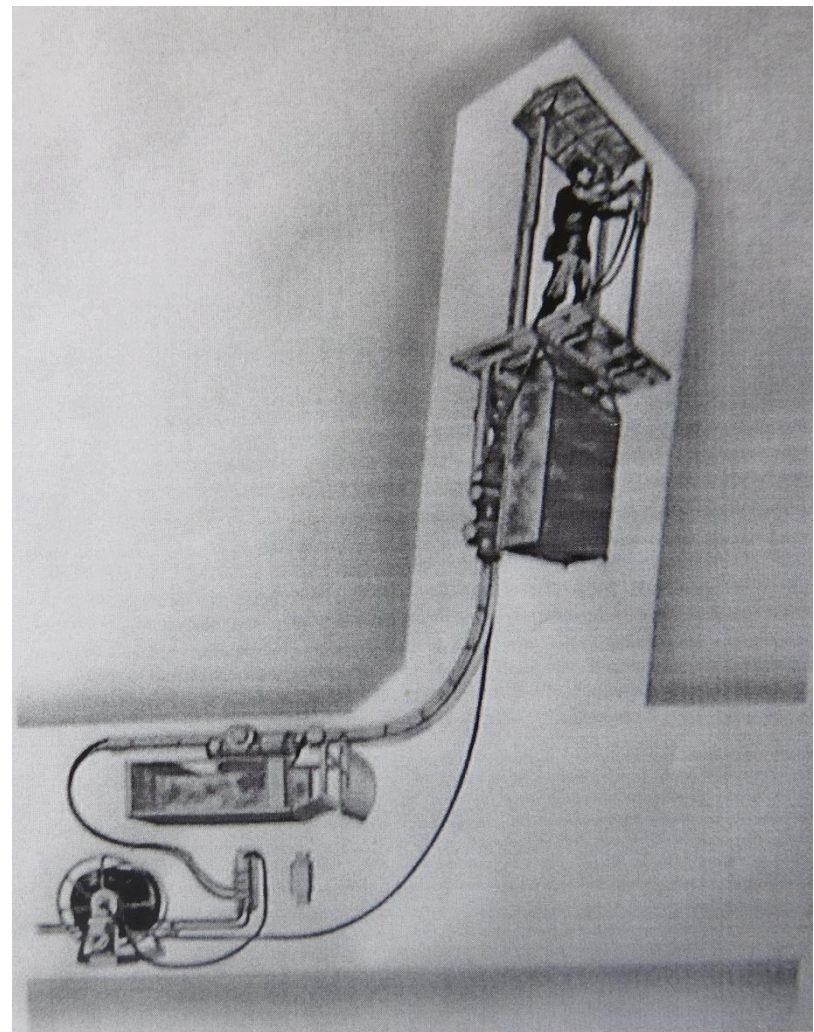
- для оцінки доцільності використання пропонованої конструкції комбайну в якості нового варіанту проходки висхідних виробок з економічної точки зору очікувані результати його роботи були порівняні з базовим. За базу порівняння прийнято існуючий буропідливний спосіб проведення та поглиблення стовбурів шахт малого діаметру. В результаті виконаного порівняльного аналізу з'ясовано, що темп проходки у новому варіанті підвищується у порівнянні з базовим на 88,4%. У той же час, річні експлуатаційні витрати споживача при переході з базового варіанту на новий за даними інституту НДПрудмаш знижуються на 18%. Усе це переконливо свідчить про значну економічну доцільність практичного використання пропонованого обладнання;

- в роботі розглянуто деякі особливості зберігання комбайну на підприємстві-споживачі, його монтажу та використання за призначенням. Сформульовано критерії відмов та граничних станів його основних складальних одиниць;

- запропоновано види, періодичність, тривалість, потреба в ремонтному персоналі та орієнтовна трудомісткість технічного обслуговування і ремонтів розробленої установки.



а



б

Рисунок 1.1 – Прохідницький комплекс КПВ-4:

а – принципова схема (1 – шлангова лебідка; 2 – повітряний шланг; 3 – блок живлення; 4 – апаратура зв'язку та освітлення; 5 – монорейка; 6 – самохідний поміст; 7 – платформа); *б* – загальний вигляд

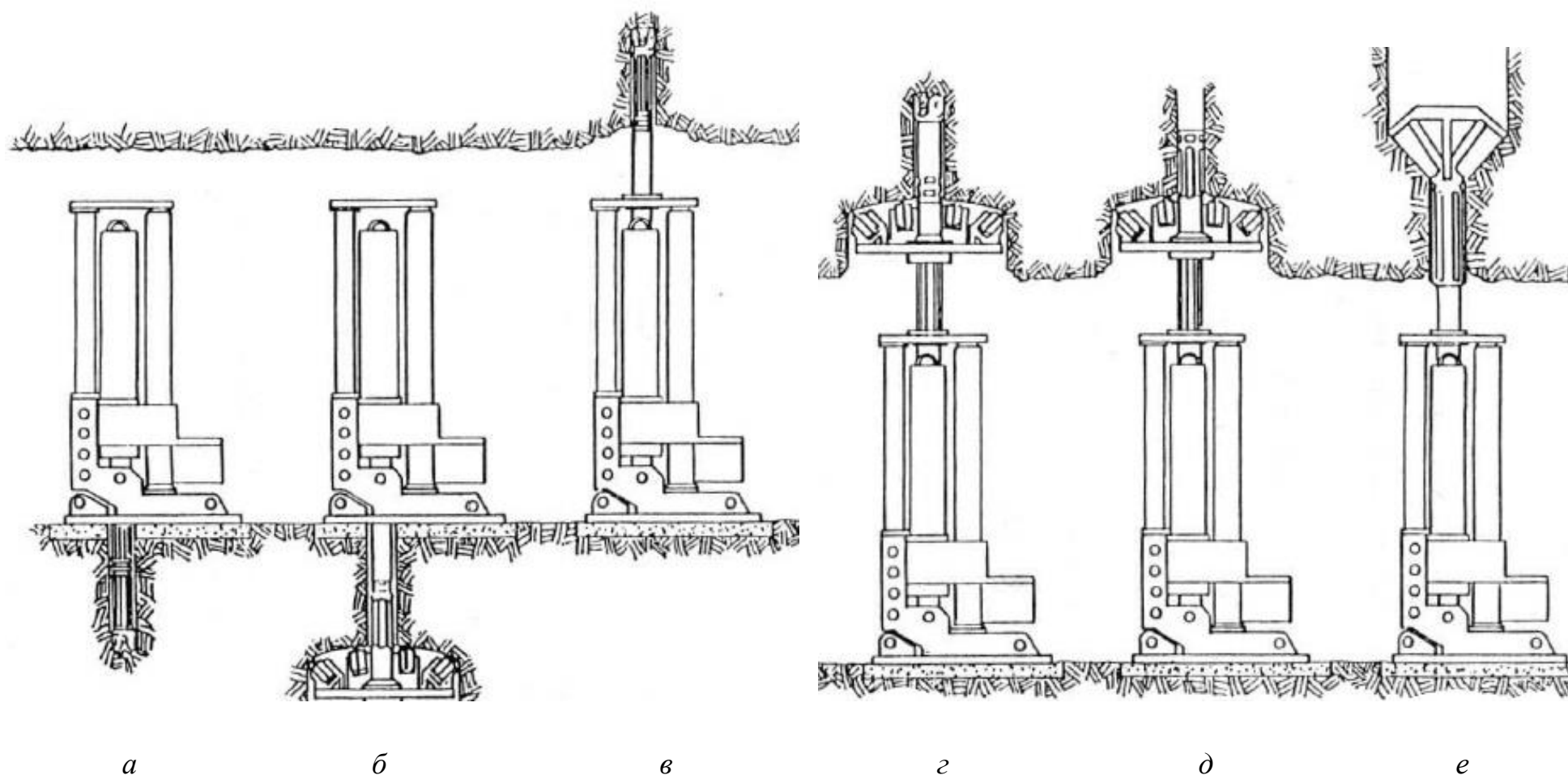
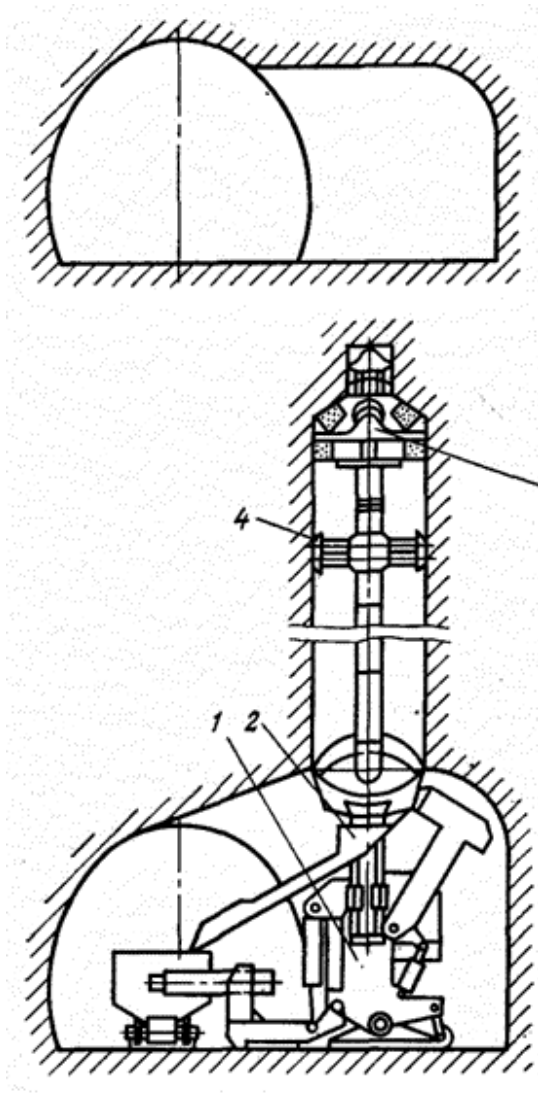


Рисунок 1.2 – Основні схеми бурової проходки висхідних виробок:

a – буріння пілотної свердловини з верхнього горизонту на нижній; *б* – розбурювання виробки на повний перетин знизу-нагору; *в* – буріння пілотної свердловини з нижнього горизонту на верхній; *г* – розбурювання виробки на повний перетин знизу-нагору з одночасним бурінням пілотної свердловини; *д* – розбурювання виробки на повний перетин зверху-вниз

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики бурильних комбайнів фірми Robbins (США)

Показники	Модель						
	34RH	44RH	53RH	73RM	83RM	97RL	123RM
Діаметр висхідної виробки, м	до 1,5	1,1-1,8	1,5-2,4	1,8-3,1	2,4-5,0	2,4-5,0	3,1-6,0
Глибина буріння, м	340	250	490	550	500	600	920
Діаметр пілотної свердловини, мм	229	229	279	279	349	349	349
Встановлена потужність, кВт	112	132	225	225	300	300	448
Габаритні розміри, мм:							
довжина	1800	1800	2000	1900	2100	3300	2500
ширина	1700	1700	1900	1600	1700	2300	2200
висота	3200	3200	2700	3800	4500	4400	3900
Маса, кг	6000	8000	14000	10000	20000	27200	25400

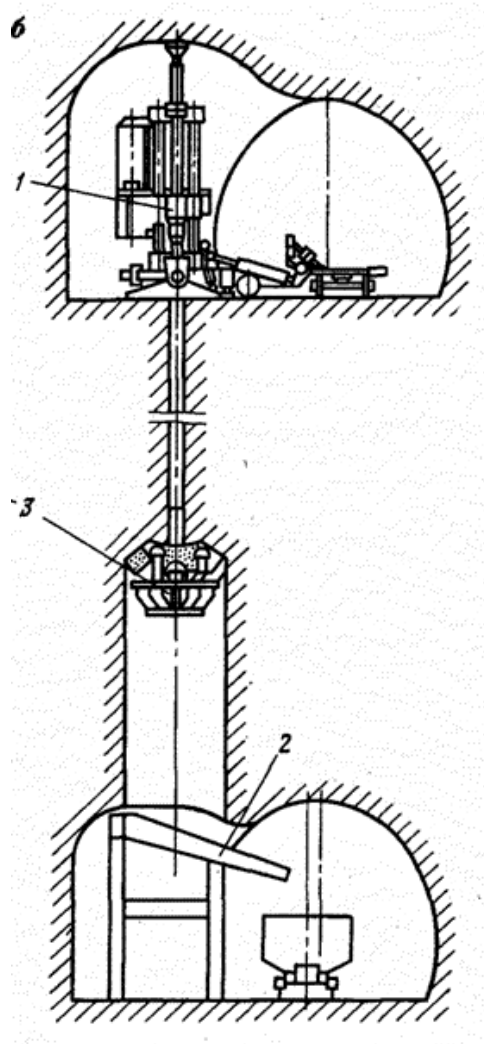


a

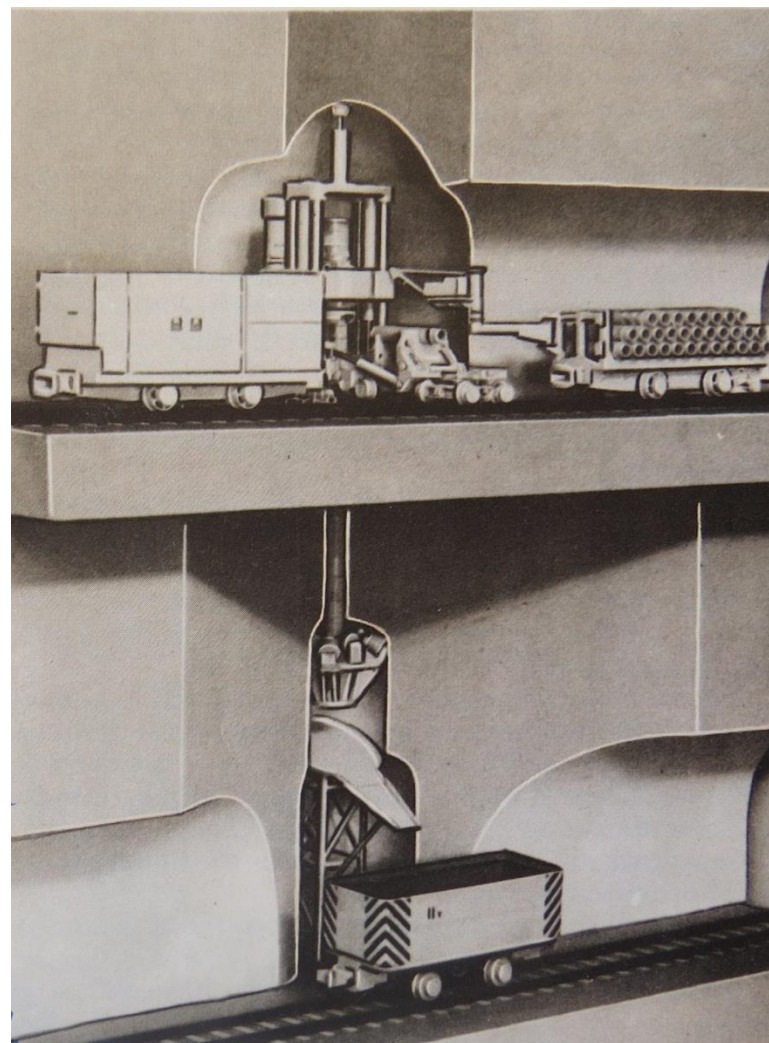


б

Рисунок 1.4 – Прохідницький комбайн 1KB1 розробки інституту НДПрудмаш (м. Кривий Ріг):
a – принципова схема (1 – бурильний верстат; 2 – жолоб для бурового дріб'язку; 3 – робочий інструмент;
 4 – центрувальний пристрій); *б* – зовнішній вигляд установки



a



б

Рисунок 1.5 – Прохідницький комбайн серії 2КВ розробки інституту НДПрудмаш (м. Кривий Ріг):
a – принципова схема (1 – бурильний верстат; 2 – жолоб для бурового дріб'язку; 3 – робочий інструмент);
б – схема розташування обладнання на горизонтах шахти